



Maria Manuela Rodrigues Varela

Licenciada em Conservação-Restauro

**Estudos de proveniência de um conjunto de vidros
Filigranados datados dos séculos XVI-XVII
encontrados no Largo do Chafariz de Dentro, Lisboa**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Conservação e Restauro

Orientador: Professora Doutora Inês Alexandra Ramalho Coutinho
Professora Auxiliar Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade
NOVA de Lisboa

Co-orientadores: Francisca Pulido Valente, Mestre em Conservação e Restauro pela
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa
Teresa Medici, Investigadora, VICARTE, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria João Seixas de Melo
Professora Catedrática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Arguente: Professor Doutor António de Campos Pires de Matos
Professor Catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Vogal: Professora Doutora Inês Alexandra Ramalho Coutinho
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa



Maria Manuela Rodrigues Varela

Licenciada em Conservação-Restauração

**Estudos de proveniência de um conjunto de vidros
Filigranados datados dos séculos XVI-XVII
encontrados no Largo do Chafariz de Dentro, Lisboa**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Conservação e Restauro

Orientador: Professora Doutora Inês Alexandra Ramalho Coutinho
Professora Auxiliar Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade
NOVA de Lisboa

Co-orientadores: Francisca Pulido Valente, Mestre em Conservação e Restauro pela
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa
Teresa Medici, Investigadora, VICARTE, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria João Seixas de Melo
Professora Catedrática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Arguente: Professor Doutor António de Campos Pires de Matos
Professor Catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Vogal: Professora Doutora Inês Alexandra Ramalho Coutinho
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Estudos de proveniência de um conjunto de vidros Filigranados datados dos séculos XVI-XVII encontrados no Largo do Chafariz de Dentro, Lisboa.

Copyright © 2018 Maria Manuela Rodrigues Varela, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar queria agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Inês Coutinho, por ter apresentado, ainda em Projeto II (disciplina de primeiro ano de mestrado), o vidro filigranado, e ainda por me ter mostrado que consigo ir sempre mais longe. Às minhas co-orientadoras, Mestre Francisca Pulido Valente, por me ter acompanhado em Projeto II também com vidro filigranado onde me ensinou a fazer desenho arqueológico, mas principalmente por me ter confiado a oportunidade de estudar um conjunto tão rico da sua tese de doutoramento; e Doutora Teresa Medici que, mesmo à distância, esteve sempre tão disponível para esclarecer qualquer dúvida. Um enorme obrigado pelo apoio, tempo disponibilizado e todo o conhecimento que me transmitiram no decorrer deste ano.

Aos professores que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial ao Doutor Luís Cerqueira Alves (análises por μ -PIXE), à Professora Doutora Márcia Vilarigues (análises por μ -Raman), ao Doutor Bernard Gratuze (análises por LA-ICP-MS) e ao Professor João Lopes.

À Kitty Laméris por se ter interessado em conhecer e discutir todos os conjuntos de vidro filigranados que se encontram na VICARTE.

Ao Centro de Arqueologia de Lisboa, em particular ao Doutor Rodrigo Banha da Silva.

À Câmara Municipal de Lisboa, proprietária do conjunto em estudo.

À VICARTE – Vidro e Cerâmica para as Artes – unidade de investigação que me acolheu, e a todas as pessoas que nela se inserem por terem contribuído de alguma forma no decorrer deste trabalho. Ao Departamento de Conservação e Restauro. À Ana Maria Martins e à Cremilde Cascalheira por terem estado sempre disponíveis.

À aluna de ICR I (disciplina do primeiro ano da licenciatura), Cristiana Prada, que acompanhou o início deste trabalho ajudando-me a realizar algumas das tarefas iniciais.

A toda a turma que me acompanhou nos últimos cinco anos, em especial, à Catarina, Márcia, Inês, Samuel e Joana. Um agradecimento também a todos os restantes elementos do curso.

À família académica que ganhei: os meus padrinhos que foram um exemplo Joana Amaral, André Lisboa e Sara Pedra. Às minhas afilhadas: Nádia Landeiro, Teresa Fernandes e Cristiana Prada.

À TunaMaria, com quem aprendi tanto e vivi tantas aventuras.

Às pessoas que mesmo fora da faculdade nunca deixaram de caminhar ao meu lado: Ana, Marta, Joana, Lúcia, Romina e Inês.

Por último, um enorme obrigada à minha mãe e meu pai por me terem dado a oportunidade de chegar até aqui e por nunca terem duvidado que eu ia conseguir. Ao meu irmão por ter sido um companheiro de todas as horas e às minhas irmãs que, mesmo tão pequenas, foram um apoio fundamental. À Catarina que faz parte da família há tantos anos. À restante família, muito obrigada.

Resumo

O vidro veneziano foi alvo de fascínio por toda a Europa, ao ponto de começar a ser imitado, surgindo então o vidro *façon-de-Venise*, ou vidro feito à *moda de Veneza*.

Neste trabalho serão apresentados os resultados de 21 fragmentos arqueológicos de vidro filigranado (um tipo de vidro veneziano ou *façon-de-Venise* de luxo) de um total de 45 fragmentos encontrados. Estes são datados dos séculos XVI e XVII e foram encontrados no Largo do Chafariz de Dentro, em Lisboa.

A composição química dos fragmentos foi obtida pela técnica analítica LA-ICP-MS (espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente com ablação a laser) e μ -PIXE (emissão de raio-X induzido por partículas). A grande maioria dos vidros têm uma composição silicatada sodo-cálcica (Na_2O entre 14 e 19 m/m%), à exceção de um fragmento de composição alcalina-mista (12 m/m% Na_2O e 10 m/m% K_2O). Para identificar a fase cristalina do opacificante do vidro branco usou-se espectroscopia de Raman. Identificou-se a presença de Fe(II), Fe (III), Co(II) e Mn(III) como responsáveis pelas tonalidades naturais do vidro incolor através da espectroscopia de absorvância de UV-Visível. Este estudo focou não só a vertente analítica, onde foram determinadas as composições das várias camadas constituintes dos fragmentos, como também a história, o método de produção, a perfeição técnica e as tonalidades naturais dos vidros, relacionando toda a informação de forma complementar.

Após o estudo dos fragmentos é proposto que três destes sejam de origem genuína veneziana. Para os restantes fragmentos analisados que constituem 86% do conjunto, propõem-se que estes tenham sido produzidos num centro de produção *façon-de-Venise* ainda por descobrir e que não se relaciona com os centros de produção *façon-de-Venise* conhecidos ou centros que foram propostos para os vidros deste tipo encontrados em Portugal.

Palavras-chave: Vidro filigranado; Vidro arqueológico português; LA-ICP-MS; μ -PIXE; Caracterização química; Tecnologia de produção.

Abstract

Venetian glass was desired throughout all Europe in such a way that began to be imitated outside Venice leading to the appearance of *façon-de-Venise*, in other words, glass made in *Venice style*.

In the present work the results of 21 archaeological fragments of filigree glass (a luxury type Venetian or *façon-de-Venise* glass) of a total of 45 glass fragments that were found, will be presented. This set is dated to the 16th and 17th centuries and were found in Largo do Chafariz de Dentro, in Lisbon.

The glass composition was characterized by means of LA-ICP-MS (laser ablation inductively coupled plasma mass spectroscopy) and μ -PIXE (particle induced X-ray emission). In its majority the glass fragments are of a soda-lime-silica type (Na_2O between 14 and 19 wt%), with the exception of one mixed-alkali fragment (12% Na_2O and 10% of K_2O). Raman spectroscopy was used to identify the crystalline phase of the white glass opacifier. The presence of Fe(II), Fe(III), Co(II) and Mn(III) were identified as the responsible for the natural hues. This study focused not only the analytical perspective, where the composition of the different constituent layers of the fragments was determined, as well as the history, the production method, the technical perfection and the natural hues of the glass, relating all the information in a complementary way.

After the study of the fragments it was possible to associate three fragments to a genuine Venetian production. For the remaining fragments that constitute 86% of the group, it is proposed that these have been produced in an unknown *façon-de-Venise* production center and that is not comparable with the known *façon-de-Venise* production centers, or neither with the centers that were proposed for the coeval glass objects of this type found in Portugal.

Key words: Filigree glass; Portuguese archaeological glass; LA-ICP-MS; μ -PIXE; Chemical characterization; Production technology.

Índice de Matérias

1	Introdução	1
1.1	Contextualização histórica	2
1.1.1	O Vidro Veneziano	2
1.1.2	O Vidro em Portugal nos séculos XVI-XVII	5
1.1.3	Vidro filigranado.....	6
2	Descrição do conjunto	11
3	Metodologia	13
4	Apresentação e Discussão de resultados	15
4.1	Vidro incolor	15
4.1.1	Fonte alcalina.....	15
4.1.2	Fonte de sílica.....	17
4.2	Vidro branco opaco	24
4.3	As diferentes camadas	25
4.4	Técnica <i>versus</i> composição.....	27
5	Conclusão.....	29
6	Referências bibliográficas.....	31
7	Anexos	35
7.1	Anexo I – Localização geográfica do sítio arqueológico	35
7.2	Anexo II – Descrição da produção de vidro filigranado	35
7.3	Anexo III – Catálogo	39
7.3.1	Descrição pormenorizada do conjunto em estudo	39
7.3.2	Desenho arqueológico.....	42
7.3.3	Documentação fotográfica.....	47
7.4	Anexo IV – Condições de análise.....	54
7.5	Anexo V – Composições dos vidros filigranados em estudo	56
7.6	Anexo VI - Mapas μ -PIXE	62
7.7	Anexo VII – Composições da literatura.....	63
7.8	Anexo VIII - Composição centros de <i>Façon-de-Venise</i> conhecidos	66
7.9	Anexo IX – Elementos traço e terras raras normalizados à crosta terrestre	69

Índice de Figuras

Figura 1.1: Copo de vinho vetro a fili, séc. XVI-XVII, Veneza. Corning Museum of Glass®	7
Figura 1.2: Copo vetro a filigrana com canne mista e canne a rete, séc. XVIII, Veneza. Corning Museum of Glass®	8
Figura 1.3: Representação esquemática dos diferentes tipos de cana apresentados. Maria Varela© a) <i>canna a fili</i> sem núcleo incolor (duas camadas); b) <i>canna a fili</i> com núcleo incolor (três camadas); c) <i>canna a retortoli – canna a rete</i> ; d) <i>canna a retortoli – uma banda</i> ; e) <i>canna a retortoli – uma banda e um fio</i> ; f) <i>canna a ballotini</i> ; g) <i>canna mista</i>	8
Figura 1.4: Esquemas da terminologia adotada na descrição: representação do corte transversal da parede de objetos de vidro filigranado, a) uma camada; b) duas camadas Maria Varela©	9
Figura 1.5: À esquerda: Taça vetro a reticello, séc. XVII-XVIII, Veneza. Corning Museum of Glass®. À direita: representação esquemática de vetro a reticello. Maria Varela©	9
Figura 4.1: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido de cálcio versus óxido de potássio; B) gráfico com as percentagens mássicas do óxido cálcio versus óxido de magnésio; C) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido de cálcio versus óxido de estrôncio.	15
Figura 4.2: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas de alumina versus óxido de titânio; B) Gráfico binário com as percentagens mássicas de alumina versus óxido de ferro. Em ambos os gráficos estão representados os pontos de três camadas de vidro: vidro incolor do corpo do objeto, vidro incolor exterior da cana e vidro incolor do núcleo da cana. Legenda – BTA: Baixo Teor de Alumina, MTA: Médio Teor de Alumina; ETA: Elevado Teor de Alumina; TAME: Teor de Alumina Muito Elevado. A classificação das concentrações é feita seguindo Lima et al. [16].	17
Figura 4.3: Gráficos binários com as percentagens mássicas da alumina versus óxido de ferro com concentrações recolhidas da literatura: A) gráfico de comparação dos teores das três camadas de vidro incolor dos fragmentos em estudo com teores dos centros de produção conhecidos (ver tabela 7.7. em anexo VIII); B) gráfico de comparação dos teores das três camadas de vidro incolor dos fragmentos em estudo com os teores recolhidos da literatura de vidro filigranado (ver tabela 7.6. em anexo VII).	19
Figura 4.4: A) Gráfico binário com percentagens mássicas de alumina versus óxido de titânio do vidro incolor do corpo dos fragmentos em estudo em comparação com os restantes objetos encontrados em contexto português;	20
Figura 4.7: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido manganês versus óxido de arsénio; B) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido de potássio versus óxido de arsénio.	21
Figura 4.5: Espectro de absorvância de UV-Vis do vidro incolor do corpo dos fragmentos exemplificativos das diferentes tonalidades do conjunto. As fotografias dos fragmentos foram tiradas sobre fundo branco para salientar as tonalidades naturais do vidro.	22
Figura 4.6: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido cobalto versus óxido de cobre; B) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido cobalto versus alumina.	23
Figura 4.8: Espectro Raman de Cassiterite (SnO ₂)	24
Figura 4.9: Mapas elementares de μ -PIXE, obtidos numa secção transversal do fragmento LCD0092. ...	25

Figura 4.10: Concentrações de alguns elementos traço e terras raras normalizados à crosta terrestre para um grupo de fragmentos representativos em estudo.	26
Figura 4.11: A) gráfico com as percentagens mássicas do óxido magnésio versus cálcio; B) gráfico com as percentagens mássicas do óxido alumina versus titânio.	27
Figura 7.1: A) mapa de Portugal; B) fotografia das escavações (Banha da Silva et al., 2012, p. 73) ; C) fotografia do início do século XX	35
Figura 7.2: Mezza a filigrana (Laméris, p. 44-45 [31])	38
Figura 7.3: Concentrações de alguns elementos traço e terras raras normalizados à crosta terrestre: A) grupo de fragmentos com a mesma assinatura; B) Grupo de fragmentos com a camada de vidro incolor diferente da camada de vidro branco; C) fragmentos de possível proveniência genuína veneziana.	69

Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Exemplos representativos das diferentes tipologias presentes no conjunto.....	11
Tabela 7.1: Descrição pormenorizada do conjunto dos fragmentos em estudo.	39
Tabela 7.2: Escala de saliência das canas, fonte própria, criados com base nos fragmentos em estudo e adaptados aos mesmos.	41
Tabela 7.3: Escala de estado de conservação, fonte própria, criados com base nos fragmentos em estudo e adaptados aos mesmos.....	41
Tabela 7.4: Composição química das diferentes camadas dos fragmentos de vidro filigranado em estudo.	56
Tabela 7.5: Concentração dos elementos traço e terras raras em µg/g, medido por LA-ICP-MS.....	58
Tabela 7.6: Composição química dos vidros filigranados encontrados na literatura, datados entre os séculos XVI e XVII.	63
Tabela 7.7: Composição química em médias e desvios padrão de vidros venezianos e Façon-de-Venise datados entre os séculos XVI e XVII, em percentagem de óxido [5]	66

Símbolos e abreviaturas

DCR – Departamento de Conservação e Restauro

FCT/NOVA – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

LA-ICP-MS - Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente com ablação a laser

μ-PIXE - Emissão de raio-X induzido por partículas

UV-Vis - Espectroscopia de absorvância de UV Visível

CMoG – Corning Museum of Glass

LCD – Largo do Chafariz de Dentro

SCV – Santa Clara-a-Velha

SJT – São João de Tarouca

PMF – Praça Miguel Fernandes

CPU – Pátio da Universidade de Coimbra

BTA – Baixo Teor de Alumina

MTA – Médio Teor de Alumina

ETA – Elevado Teor de Alumina

TAME – Teor de Alumina Muito Elevado

p. – página

inc. – incolor

trans. – translúcido

1 Introdução

Com o intuito de renovar o sistema de tratamento de águas residuais de Lisboa, realizaram-se escavações no Largo do Chafariz de Dentro em 2007 e 2008. Durante as escavações arqueológicas, foram encontrados vários tipos de objetos, como por exemplo, porcelana oriental, majólica Italiana, faiança Alemã, cerâmicas Espanholas, azulejos e vidros de diferentes proveniências. O Largo do Chafariz de Dentro, também conhecido como Chafariz dos Cavalos, é uma das praças mais antigas de Lisboa, mais especificamente no Bairro de Alfama, e foi um sítio muito importante durante o período dos Descobrimentos [1, 2].

O principal objetivo do presente trabalho é o estudo de proveniência de uma parte do espólio vítreo proveniente dessa mesma escavação, correspondendo a um conjunto de 45 fragmentos de vidro com decoração de filigrana datados de meados do século XVI e início do século XVII. Para isso procedeu-se à caracterização da composição química do material a par com o estudo da tecnologia de produção e caracterização visual observando a qualidade da técnica aplicada. Outro parâmetro bastante importante a realçar, e que torna este projeto inovador, é o estudo sistemático da técnica de filigrana, sendo que a escassez de estudos publicados deste tipo constitui um dos maiores desafios, levando à tentativa de uniformização da nomenclatura usada aquando a descrição dos fragmentos. Desta forma, pretende alertar-se os investigadores, nomeadamente os conservadores, da importância da interdisciplinaridade, sendo que para isso esta pesquisa procura investigar esta técnica decorativa aplicando uma ampla gama de metodologias complementares. O estudo morfológico dos fragmentos será combinado com a caracterização analítica do material [3, 4].

O vidro filigranado é uma técnica decorativa de luxo, de origem veneziana imitada nos centros de produção *façon-de-Venise* por toda a Europa. A história, métodos de produção assim como a caracterização química serão abordadas mais a fundo posteriormente.

O levantamento de estudos publicados com vidros filigranados permitiu observar que, nas poucas vezes em que é mencionada a técnica, não existe uma relação direta entre as diferentes disciplinas, mais especificamente entre os estudos analíticos das diferentes camadas de vidro constituintes desta técnica decorativa (ver figura 1.4), e a sua caracterização formal. Este estudo vai ter em conta ambas as vertentes referidas tornando a interpretação dos resultados obtidos mais aprofundada e explorada.

O estudo de proveniência deste conjunto de fragmentos é fundamental pois, não só permite começar a conhecer melhor as rotas comerciais que existiam entre Portugal e o resto da Europa para o caso específico do comércio de vidros (ou de matérias-primas necessárias à sua produção), caso se tratem de fragmentos pertencentes a objetos importados, como também pode dar informação do conhecimento e técnica que os vidreiros a laborar em Portugal detinham e fornecer pistas de um

tipo de vidro característico por eles produzido. Desta forma é possível conhecer o movimento das pessoas como é mencionado em alguns documentos históricos que fornecem informações de vidreiros que laboravam em Portugal no século XVII provenientes de Itália (Veneza e Altare), Antuérpia e Alemanha, explorando assim a transferência de tecnologia existente na época e referente à produção de vidro [5, 6]. Inclusive, nesta mesma época, sabe-se que em alguns centros de produção que se espalharam por diferentes áreas de Portugal como Lisboa, Vila Viçosa, Abrantes, Gondomar e Coimbra, se trabalhava segundo as tradições vidreiras espanhola e veneziana para além da tradicional portuguesa [5–8].

O presente trabalho insere-se numa tese de doutoramento intitulada de *Filigree and Pick-up decoration, Study of glass fragments unearthed in Portugal (16th and 17th centuries)* levada a cabo pela doutoranda Francisca Pulido Valente que, para além deste sítio arqueológico, aborda mais quatro outros sítios: Convento de Santana (Lisboa), Museu Municipal de Moura, Mosteiro de São João de Tarouca (Lamego) e Convento de Santa Clara-a-Velha (Coimbra).

Este estudo será uma importante contribuição para o estudo de vidro encontrado em Portugal e pretende colocar o conjunto em estudo no mapa.

1.1 Contextualização histórica

1.1.1 O Vidro Veneziano

Pensa-se que a atividade vidreira em Veneza tenha começado ainda no século VI, no entanto, a partir do século XII começaram-se a estabelecer relações comerciais com cidades mediterrânicas orientais de onde importavam não só peças de vidro como também as suas matérias-primas e transferência de tecnologia [9]. Alguns autores propõem que tenha havido continuidade de sabedoria dos vidreiros romanos para a cultura veneziana, mas uma vantagem das relações comerciais foi a emigração para Veneza de vidreiros bizantinos que levaram consigo os conhecimentos técnicos [9–11].

Devido à intensa atividade vidreira, em 1291, os vidreiros venezianos foram obrigados a isolarem-se na ilha de Murano. Esta deslocação teve como objetivo da proteção não só da cidade de possíveis incêndios causados pelos fornos, como também os conhecimentos detidos pelos vidreiros acerca da construção dos fornos, das formulações e proporções dos ingredientes das matérias-primas e, ainda, da produção e manuseamento das próprias ferramentas [9, 12, 13].

Durante o século XV a expansão económica e a riqueza concentravam-se no Mediterrâneo proporcionando o crescimento de Veneza a uma das potências comerciais e marítimas mais importantes da Europa devido à sua localização geográfica [12, 14, 15]. Foi durante este período que Veneza se tornou no centro de produção de vidro mais importante da Europa [9, 12, 16, 17].

Entre o século XVI e XVII, o vidro veneziano destacava-se dos vidros produzidos pelos restantes centros europeus de produção de vidro pela elevada pureza, qualidade, homogeneidade, transparência, técnica e paleta cromática [9, 10, 18–20]. Estas características eram resultado da cuidada seleção das melhores e mais puras matérias-primas, como é o caso da utilização de seixos de quartzo do rio Ticino (que continham apenas teores mínimos de elementos colorantes como ferro) e cinzas ricas em sódio (14% Na₂O na composição do vidro) importadas do Levante, Síria [13, 15, 17, 18, 21–27].

Considerando o vidro incolor produzido em Veneza, são distinguidos nos documentos escritos três tipos: *vetro comune* (levemente colorido e com alguns defeitos), *vitrum blanchum* (sem coloração mas ainda assim menos refinado que o *cristallo*) e *cristallo* (incolor e translúcido) que surgiu com o objetivo de imitar o aspeto visual do cristal de rocha. Este último vidro é quimicamente distinguível dos restantes representando o ponto alto da qualidade de vidro veneziano, devido à elevada pureza das matérias-primas utilizadas resultando numa composição praticamente livre de óxidos colorantes [15, 17, 21, 24, 25]. Os mestres vidreiros desenvolveram ainda outros tipos de vidros como é o caso do *lattimo* e do calcedónio [14, 15, 20, 25, 28, 29].

Uma das técnicas decorativas mais emblemáticas e complexas no vidro veneziano é o vidro filigranado abordada no presente trabalho [2, 4, 13, 15, 20, 30–33].

Façon-de-Venise e vidro na Europa nos séculos XVI e XVII

A partir de meados do século XVI começou a produzir-se o designado vidro *façon-de-Venise*¹, que tinha como objetivo imitar o vidro feito em Veneza. Esta forma podia ser praticada pelos vidreiros de Murano que saíram da ilha ou pelos vidreiros locais que foram aprendendo a técnica [13, 15, 17, 19, 21, 23, 34, 35]. O termo *façon-de-Venise* surge mencionado pela primeira vez conhecida, num documento holandês datado de 1549 [2, 36]. Surgiram centros de produção por toda a Europa em países como Bélgica (Antuérpia), Holanda (Amesterdão), Alemanha, Espanha, Norte da França, Inglaterra e Áustria [12, 13, 19].

Desta forma, o vidro de estilo veneziano, tão cobiçado por toda a Europa, começou a espalhar-se pela Europa e rapidamente se tornou difícil a sua distinção do vidro genuinamente veneziano [13, 16, 17, 35]. Uma das formas de distinção passa pela caracterização da composição do vidro, uma vez que a cada local de produção é atribuída uma determinada composição que está associada às fontes de matérias-primas locais [35].

Foi no Norte da Europa que mais vidreiros italianos se localizaram e criaram os seus próprios centros de produção durante o século XVI com o objetivo de produzir vidros silicatados sodo-

¹ A expressão *façon-de-Venise* significa produzir à moda de Veneza.

cálcicos conforme acontecia em Veneza, mas usando cinzas de plantas halófitas² como matéria-prima com elevado teor em sódio [5, 14, 37]. No entanto, consequência das matérias-primas locais usadas, que poderiam ser de qualidade inferior ou sujeitas a diferentes tratamentos de purificação as concentrações dos constituintes mudavam em relação ao vidro genuíno veneziano [5, 38]. Por outro lado, começaram também a surgir nesta área geográfica, vidros cujo teor de sódio e potássio era por semelhante, designando-se estes vidros alcalino-mistos e ainda vidros potássicos, devido ao uso de cinzas de plantas como fetos e madeira local ($K_2O > 10\%$) [5, 38].

Antuérpia tornou-se num dos portos mais importantes da Europa nos primeiros 30 anos do século XVI o que suscitou o interesse dos vidreiros de Murano aqui se localizarem. Rapidamente se tornou num dos maiores centros de produção de vidro *façon-de-Venise* até ao seu declínio no século XVII [18, 24, 39–41]. Aqui era produzido um vidro *cristallo* muito semelhante ao vidro *cristallo* veneziano, variando, não significativamente, a concentração de alguns componentes como é o caso do K_2O , MgO , Al_2O_3 , CaO , sendo que o mais diferenciador é o Zr que aparece com mais do dobro em concentração relativamente ao vidro veneziano. Este último, acompanha o elemento maioritário Si , o que sugere uma diferente origem geológica da fonte de sílica, contendo mais impurezas [39].

Segue-se Amsterdão que melhorou a sua produção de vidro devido à chegada de vidreiros de Antuérpia, consequência de uma crise económica, religiosa e política que levou à interrupção das rotas comerciais causada pelo encerramento do rio Scheldt no início da guerra dos 80 anos (1568-1648) [19, 22, 39]. Neste centro de produção a intenção era produzir vidro semelhante ao produzido em Antuérpia, mas os valores de Fe_2O_3 , P_2O_3 , CaO e MgO eram superiores, criando um vidro com uma tonalidade acinzentada ou esverdeada [22, 24]. No decorrer do século XVII, começou também a ser usado arsénio (As_2O_5) como descolorante por se considerar ter melhores propriedades que o dióxido de manganês (MnO_2) [21, 22].

A partir da segunda metade do século XVI, em Inglaterra, mais especificamente em Londres, os vidreiros venezianos vindos da Antuérpia, começaram a produzir vidro *façon-de-Venise*, recorrendo a fornos ao estilo veneziano e à importação de matérias-primas, entre as quais a *barilla* de Alicante, Espanha, como fonte alcalina [12, 13, 24, 39, 42–44]. Mas antes disso, a partir do século XIII, já importavam objetos de vidro silicatado sodo-cálcico de Veneza e de outros centros europeus. Ao mesmo tempo, começa também a aparecer uma produção local doméstica de vidro potássico de qualidade inferior [44]. Na segunda metade do século XVII novas composições começaram a ser usadas, nomeadamente o cristal de chumbo em Inglaterra e o cristal potássico na Europa central. Estes vidros eram de elevada pureza, menor ponto de fusão e melhores propriedades

² Plantas halófitas são plantas essencialmente terrestres, mas situadas no mar ou junto dele - plantas costeiras.

ólicas em relação ao vidro silicatado sodo-cálcico, o que fez com que alcançassem um grande sucesso comercial levando ao declínio da produção veneziana [15, 19, 24, 42, 45].

Todos estes fatores, ou seja, a saída dos vidreiros venezianos para outros centros de produção espalhados pela Europa, o desenvolvimento de novos tipos de vidro, assim como a publicação dos segredos há muito tempo guardados por António Neri em *L'Arte Vetraria*, 1612, levaram ao declínio da produção veneziana na segunda metade do século XVII [15, 17, 20].

Sendo o vidro filigranado uma técnica decorativa apreciada por toda a Europa era, naturalmente, produzida em todos estes centros de produção. Em simultâneo, Portugal, mais especificamente Lisboa, sendo um dos portos mais importantes da Europa no século XVII, mantinha relações comerciais com os países mencionados anteriormente, tornando possíveis diversas proveniências para o vidro filigranado escavado em território nacional, incluindo proveniência portuguesa.

1.1.2 O Vidro em Portugal nos séculos XVI-XVII

A produção no Sul da Europa, principalmente nos países mediterrânicos, cinge-se à produção de vidro silicatado sodo-cálcico devido à abundância de plantas costeiras com um elevado teor de sódio em relação ao teor de potássio (*salsola kali* e *barilla*) [5].

Portugal não foi exceção, pois, sendo conhecedor do vidro que se produzia em Veneza visto que nos séculos XVI e XVII importava objetos lá produzidos, teve também a sua própria produção de vidros *façon-de-Venise* que teve início no século XVII resultado do trabalho de vidreiros venezianos em território nacional como Giacomo Pellizari [5, 6]. Sabe-se que em Lisboa laboravam dois fornos no século XVII seguindo a técnica tradicional³, no entanto, sabe-se também da existência de um forno da Quinta do Côvo que, no século XVI, laborava segundo a técnica não só tradicional como também veneziana⁴ [5, 6].

Escavações arqueológicas por todo o território nacional resultaram na descoberta de inúmeros conjuntos ricos e diversificados [2]. Lima *et al.* começou por fazer uma primeira aproximação arqueométrica a um pequeno conjunto de *millefiori* escavado no Mosteiro de Santa Clara-a-Velha, Coimbra. Atribui a proveniência de dois fragmentos a Veneza e destaca os restantes pelo elevado teor de alumina, realçando que estes teores não são comparáveis com nenhum centro de produção *façon-de-Venise* conhecido até à data. Neste trabalho é também iniciada a proposta de haver duas composições diferentes de vidro num só objeto, ou seja, o corpo ter uma proveniência de um centro de produção desconhecida enquanto que os elementos decorativos são atribuídos possivelmente a um centro espanhol [16]. Em seguida, Medici aborda aspetos formais e tipologias decorativas de 14 sítios arqueológicos, propondo proveniência Veneziana ou *façon-de-Venise*, assim como

³ Os autores Coutinho e Custódio não descrevem o significado deste termo usado [5, 6].

⁴ A diferença entre estas duas formas técnicas não são esclarecidas pelos autores, no entanto, Custódio refere que *o vidro estrangeiro era de melhor qualidade e com maior perfeição técnica do que o português* [6].

identifica possíveis importações de outros centros europeus (como é o caso de Países Baixos, Espanha e Alemanha) [2]. Coutinho *et al* aborda quatro sítios arqueológicos onde propõe a origem genuína veneziana para quatro fragmentos [23]. Uma vez mais, os elevados teores de alumina são o principal fator da razão da proposta da existência de centros de produção *façon-de-Venise* ainda por descobrir, tal como acontece nos vidros estudados em Lima *et al* [16]. Para os vidros *façon-de-Venise* estudados e provenientes de diferentes sítios arqueológicos, é proposto que as amostras *façon-de-Venise* provenham de dois centros diferentes em possível contexto nacional [23]. Os trabalhos de Coutinho e Medici constituem os primeiros trabalhos sistemáticos sobre a proveniência de vidros dos séculos XVII a XVIII encontrados em Portugal [2], [23]. O trabalho mais recente foi elaborado por Pulido Valente, *et al* que foca os aspetos formais e técnicos de conjuntos de vidro filigranado escavados em contexto nacional [4].

1.1.3 Vidro filigranado

O vidro filigranado é uma técnica de decoração luxuosa, refinada, elegante e distinta que remonta ao período Helenístico, mas desenvolvida pelos vidreiros Venezianos no século XVI, mais precisamente em 1527 quando os irmãos Serena pediram o privilégio de produção exclusiva para um novo tipo de vidro designando-o como *a facete con retortoli a fil* (bandas com fios torcidos) [2, 13, 15, 20, 30–33], apesar de Francesco Zeno aparecer num inventário do mesmo ano como inventor de *vetro a retortoli* [15]. O termo pelo qual ficou conhecido, *vetro a retortoli*, deriva do italiano *vetro* que significa ‘vidro’ e *ritorcere* que significa ‘virar em direções opostas’, descrevendo o padrão visual formado [31, 46].

Esta técnica foi reconhecida como um dos tipos de decoração de vidro mais importantes na época do Renascimento. Vidro filigranado designa objetos de vidro constituídos por canas longitudinais com uma enorme diversidade de padrões geométricos, contando com padrões desde os mais simples aos mais complexos. Segundo a literatura, cada cana de vidro incolor e translúcido era decorada com fios frequentemente brancos opacos, do tipo *lattimo*, assim designados dada a sua tonalidade branca leitosa, sendo que também apareciam canas coloridas como vermelho e azul, embora fosse raro [4, 5, 13, 15, 20, 31, 32].

Segundo a classificação proposta por K. Laméris⁵ destacam-se três tipos de vidro filigranado: *filigrana a fili*, ou *vetro a fili*, designa um vidro formado com *canna a fili* (figura 1.1); *filigrana a retortoli*, ou *vetro a retortoli*, característico por ter *canna a retortoli* (figura 1.2) [31]. Por último, *vetro a reticello* (figura 1.5), que designa não um tipo de cana, mas sim o padrão [4, 13–15, 31, 47,

⁵ Kitty Laméris é uma especialista holandesa em vidro e autora do livro *A collection of filigrana glass*, onde aborda um conjunto de vidros filigranados que pertencem ao antiquário da família, *Frides Laméris Art and Antiques*. Atualmente, encontra-se a fazer o doutoramento em vidro filigranado e *millefiori*.

48]. Foi esta a nomenclatura adotada para o presente trabalho por ser resultado da sistematização de estudo aprofundado de inúmeros objetos filigranados.

1.1.3.1 As canas

Como foi mencionado anteriormente, o vidro filigranado é composto por canas longitudinais. Estas canas são primeiramente produzidas de forma individual para que depois possam ser conjugados diferentes tipos de canas que originarão os diferentes padrões de vidro filigranado. É fundamental compreender e interpretar a complexidade da produção destas canas pois, segundo alguns autores, quanto mais complexos são os padrões mais recentes poderão ser os objetos [4, 49].

As canas são compostas por vidro incolor e translúcido decorados com fios/canas de vidro opaco. Nos séculos XVI a XVII a maioria da decoração das canas era branca, e raramente com fios azuis, vermelhos, verdes e amarelos [2, 4, 14, 31]. A partir do século XIX o vidro filigranado com fios coloridos torna-se mais popular adquirindo todas as cores e combinações possíveis [31].

Canna a fili

A *canna a fili* é a cana mais simples, tanto a nível visual como a nível da tecnologia de produção, composta por vidro incolor com um único fio de vidro branco no centro (figura 1.3. a). K. Laméris afirma que nos séculos XVI e XVII esse mesmo fio branco ganhou um núcleo de vidro incolor, com o objetivo de poupar vidro branco visto que era mais complexo e dispendioso de obter que o vidro incolor, formando assim uma cana constituída por três camadas (figura 1.3. b) [2, 4, 31]. Estas três camadas são resultado de um vidro incolor que é envolvido por uma camada de vidro branco que por sua vez é envolvida noutra camada de vidro incolor (ver anexo II).

Num objeto integro dificilmente se consegue distinguir se as canas utilizadas têm ou não núcleo incolor, a não ser que seja possível ver a terminação das canas na base do objeto. No entanto, em alguns casos, sem olhar para a terminação, é possível observar que o centro é de tonalidade branca menos intensa que as extremidades devido ao vidro incolor no interior que confere alguma transparência (ver fragmento LCD0071 e LCD0096 em anexo III) [4, 31].

Esta cana é a base de todos os objetos de vidro filigranado pois é desta cana mais simples que surgem as outras canas de padrões mais complexos como é o exemplo da *canna a retortoli*, que pode também ser usada combinada com a *canna a fili* na sua simplicidade [2, 31].



Figura 1.1: Copo de vinho *vetro a fili*, séc. XVI-XVII, Veneza. Corning Museum of Glass®

Canna a retortoli

Este tipo de cana é constituído por uma combinação de fios brancos torcidos embebidos numa cana de vidro incolor e translúcido [13, 31]. Pode subdividir-se em três grupos: cana com decoração externa, quando os fios brancos circundam a cana de vidro incolor; cana com decoração interna quando os fios brancos se encontram no interior da cana de vidro incolor. A combinação destes dois tipos resulta na *canna mista* [4, 31, 48] (figura 1.2.) (ver anexo II).

O tipo de decoração externa mais comum é a *canna a rete* (figura 1.3.c), que significa ‘rede’, nome atribuído pelo efeito decorativo resultante, e pode ser produzido com molde ou sem molde.

Existem ainda outros tipos de canas com decoração exterior, onde esta é feita com bandas, designação atribuída por Laméris, constituídas por grupos de canas/fios, ao invés de um determinado número de canas individuais equidistantes ao longo da cana (figura 1.3. d) [31]. Todavia poderiam também ser combinados com fios individuais (figura 1.3. e). A forma de fazer é semelhante à *canna a rete*, mudando apenas a disposição das diferentes canas.

Outra forma de *canna a retortoli* é com decoração interna e devido à semelhança de pequenos balões originou a designação *canna a ballotini* (ver anexo II) [31, 48, 50].

Ainda dentro da produção de *canna a retortoli* é preciso mencionar a *canna mista* que é o resultado da combinação da decoração externa com a decoração interna (figura 1.3.g) [31, 48].



Figura 1.2: Copo vetro *a filigrana* com *canna mista* e *canna a rete*, séc. XVIII, Veneza. Corning Museum of Glass©

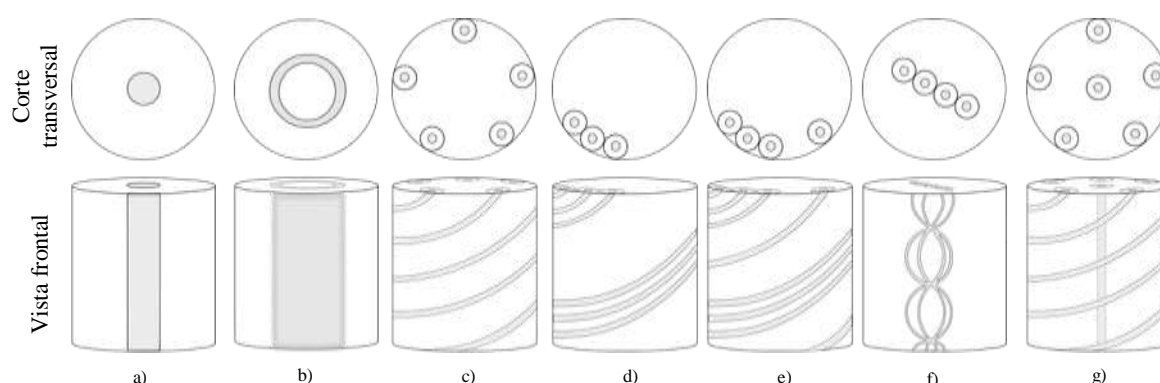


Figura 1.3: Representação esquemática dos diferentes tipos de cana apresentados. Maria Varela© a) *canna a fili* sem núcleo incolor (duas camadas); b) *canna a fili* com núcleo incolor (três camadas); c) *canna a retortoli* – *canna a rete*; d) *canna a retortoli* – uma banda; e) *canna a retortoli* – uma banda e um fio; f) *canna a ballotini*; g) *canna mista*

1.1.3.2 Produção de objetos de vidro filigranado

Independentemente do tipo de cana que se use, um objeto assim produzido designa-se sempre um objeto de vidro filigranado. Mas quando o objeto é composto só por *canna a fili* pode ser denominado de *filigrana a fili* ou *vetro a fili*, assim como acontece com objetos efetuados na sua totalidade com *canna a retortoli* que passam a poder ser designados por *filigrana a retortoli* ou *vetro a retortoli* [31]. Existe também outro tipo de vidro filigranado, que será abordado mais à frente, designado *vetro a reticello*.

A produção de objetos de vidro filigranado pode ser feita de duas formas (independentemente do tipo de cana com que se esteja a trabalhar) em uma camada ou em duas camadas [4, 31, 48] (ver figura 1.4. e anexo II). O método de duas camadas é tipicamente datado do século XVI e XVII, sendo considerado anterior ao método de uma camada [4, 48].

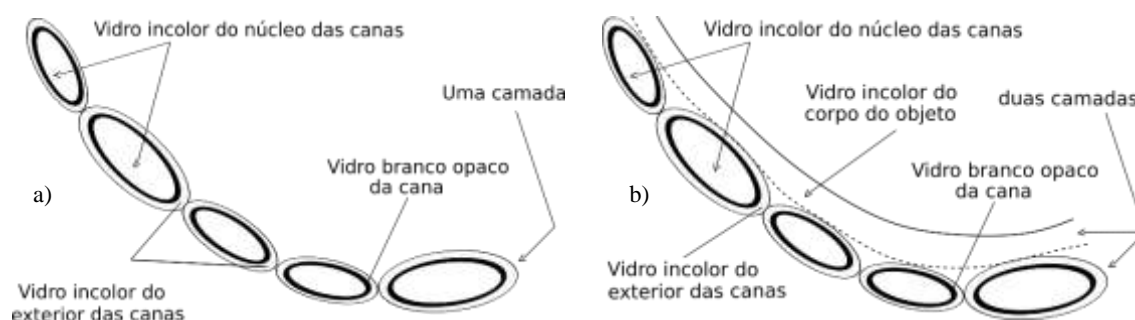


Figura 1.4: Esquemas da terminologia adotada na descrição: representação do corte transversal da parede de objetos de vidro filigranado, a) uma camada; b) duas camadas Maria Varela©

Vetro a reticello

O *vetro a reticello* é considerado um dos tipos mais complexos e extravagantes de obter. Esta técnica é caracterizada por criar na superfície do objeto uma rede fina de canas cruzadas com bolhas de ar entre cada cruzamento, formando um padrão de diamante (figura 1.5. e ver anexo II) [2, 13, 14, 30, 31, 33, 50].









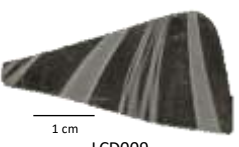



Figura 1.5: À esquerda: Taça vetro a reticello, séc. XVII-XVIII, Veneza. Corning Museum of Glass. À direita: representação esquemática de vetro a reticello. Maria Varela©

2 Descrição do conjunto

O conjunto em estudo composto por 45 fragmentos de vidro filigranado, datados dos séculos XVI-XVII, é muito rico e diversificado em termos de tonalidades e espessuras dos vidros base, assim como em tipos de canas onde se pode observar desde as técnicas mais simples às mais complexas. Dos 45 fragmentos, existem 17 fragmentos compostos inteiramente por *canna a fili*, seis fragmentos são exclusivamente decorados com *canna a retortoli*, 21 fragmentos combinam no mesmo fragmento os dois últimos tipos de cana, dos quais 19 são *canna a rete* e um único é uma banda de fios (LCD0037a). Relativamente aos fragmentos que contêm *canna a retortoli*, quatro podem ser classificados como *canna a rete*, um combinam bandas com fios (LCD0038) e uma *canna mista* (LCD0087). Por último, temos presente um único exemplar de *vetro a reticello* (LCD0055) (ver tabela resumo 2.1. e tabela completa no anexo III).

Tabela 2.1: Exemplos representativos das diferentes tipologias presentes no conjunto.

Tipos de canas	Exemplos de fragmentos		
<i>Canna a fili</i>	 LCD0071	 LCD0048	 LCD0081
	<i>Canna a rete</i>	Canas que combinam bandas e fios	<i>Canna mista</i>
	 LCD0077	 LCD0038	 LCD0087
<i>Canna a fili</i> + <i>Canna a retortoli</i>	 LCD0067	 LCD0091	 LCD0009
<i>Vetro a reticello</i>	 LCD0055		

No geral, os fragmentos são de pequena dimensão (7x9 mm a 36x46 mm) e de espessura variada (0.3 mm a 48 mm), o que torna difícil a sua integração num objeto. No entanto, é possível identificar que cinco são de bordo (LCD0037a, b; LCD0055; LCD0081; LCD0086), outros cinco pertencem a bases (LCD0048; LCD0078; LCD0079; LCD0080; LCD0093), e ainda seis com uma possível localização no objeto, como por exemplo no gargalo ou na união entre o pé e a copa, embora sem

certeza (LCD0027, LCD0066, LCD0067, LCD0091, LCD0093, LCD00105) (ver tabela e desenhos arqueológicos em anexo III).

Na sua maioria não apresentam estados de degradação avançados, no entanto dez exemplares encontram-se já neste nível apresentando inclusive destacamento de material e ilegibilidade quase total das canas (ver tabelas do anexo III).

3 Metodologia

Primeiramente, reuniram-se os diferentes estudos que abordassem a técnica vidro filigranado. Desta forma, foi possível não só fazer um levantamento de composições para comparação como ainda foi possível entender como é que o presente tema tem sido abordado pelos diferentes autores.

No total de 45 fragmentos foram selecionados 21 fragmentos para serem analisados quimicamente. Os critérios de seleção recaíram sobre a tonalidade do vidro incolor, a perfeição técnica das canas, a espessura da parede, o estado de corrosão e a dimensão dos fragmentos. Analisaram-se todas as camadas de vidro constituintes de cada objeto sempre que possível, ou seja, a camada de vidro incolor do corpo do objeto e as três camadas de vidro das canas (vidro incolor exterior da cana, vidro branco e vidro incolor do núcleo da cana) (ver esquemas da figura 1.4.)

Recorreu-se ao estereoscópio ótico para uma observação ampliada de forma a visualizar as diferentes camadas, nomeadamente a presença, ou não, de um núcleo de vidro incolor no centro da cana branca, auxiliando assim a seleção dos fragmentos a analisar.

Outra forma de análise visual foi a realização do desenho arqueológico. Apesar desta análise ser usada principalmente para a contextualização da localização do fragmento num objeto, neste caso em específico, possibilitou a representação das duas camadas constituintes dos fragmentos., tentando, quando possível, distinguir qual a vertente do método de produção descrito no ponto em anexo II. Optou-se por fazer o desenho dos mesmos 21 fragmentos pois serão esses que serão alvo de uma análise mais aprofundada em todos os níveis mencionados.

Por espectroscopia de Raman identificou-se a fase cristalina, neste caso, do composto opacificante do vidro branco, para três fragmentos em estudo.

A espectroscopia de absorvância de UV Visível (UV-Vis) foi fundamental para identificar o cromóforo responsável pela tonalidade natural presente nos vidros no corpo aos 21 fragmentos.

Para melhor aprofundar os estudos de proveniência do conjunto em estudo era fundamental conseguir analisar os elementos traço e terras raras para além dos elementos maioritários e minoritários. Para este efeito recorreu-se à análise quantitativa por espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente com ablação a laser (LA-ICP-MS), para analisar 16 fragmentos.

A análise por emissão de raio-X induzido por partículas (μ -PIXE)⁶ foi apenas utilizada para os fragmentos que não foram possíveis de amostrar devido à sua pequena dimensão. Selecionaram-se cinco fragmentos para caracterização da composição química e para compreender se existia algum

⁶ Provou-se em Coutinho *et al.* que LA-ICP-MS e μ -PIXE são técnicas analíticas comparáveis e que podem ser usados como métodos complementares [23].

tipo de difusão de elementos entre as diferentes camadas do vidro, visto que as técnicas usadas permitem a obtenção de mapeamentos elementares de áreas.

As características dos equipamentos assim como as condições de análise encontram-se todas no anexo IV.

Dos 21 fragmentos analisados conseguiu-se a composição química de 21 vidros incolores do corpo do objeto e de sete vidros incolores exteriores das canas, 19 vidros brancos das canas e 18 vidros incolores do núcleo das canas.

4 Apresentação e Discussão de resultados

4.1 Vidro incolor

4.1.1 Fonte alcalina

Os fragmentos analisados apresentam, uma composição silicatada sodo-cálcica, o que significa que os teores de Na_2O (com variação entre 14 e 19 m/m%) se encontram acima de 10 m/m% e que os teores de K_2O (com variação entre 2 e 8 m/m%) são inferiores ao teor de Na_2O [5, 37]. O fragmento LCD0048 apresenta teores de Na_2O e K_2O muito aproximado (12,3 e 10,2 m/m%, respetivamente) pelo que é considerado alcalino-misto [5].

A separação da fonte alcalina será feita em três grupos de acordo com a sua provável proveniência e com a sua pureza: cinzas provenientes do Levante, cinzas Europeias e cinzas purificadas.

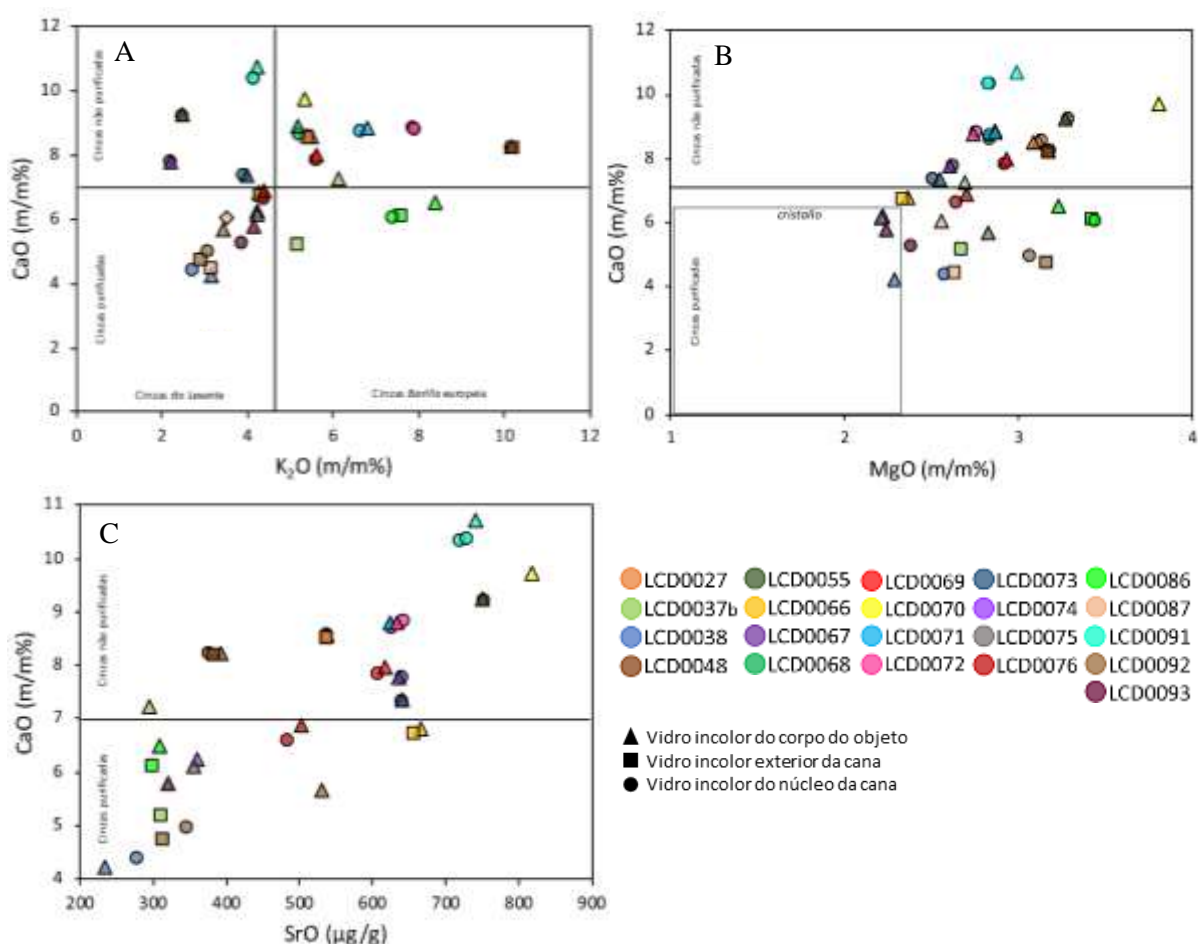


Figura 4.1: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido de cálcio versus óxido de potássio; B) gráfico com as percentagens mássicas do óxido de cálcio versus óxido de magnésio; C) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido de cálcio versus óxido de estrôncio.

Em todos os gráficos estão representados os pontos de três camadas de vidro: vidro incolor do corpo do objeto, vidro incolor exterior da cana e vidro incolor do núcleo da cana.

Divisão dos gráficos de acordo com [38, 55].

Olhando para a composição maioritária, todos os fragmentos parecem ter sido produzidos recorrendo a cinzas vegetais como fundente visto que os teores de K_2O e MgO são sempre superiores a 2 m/m% (figura 4.1.A e B) [38], a presença de P_2O_5 e Cl (tabela 7.4. em anexo V), sendo possível atribuir cinzas vegetais a plantas halófitas [23, 51].

Os teores de $K_2O < 4,5$ m/m% sugerem que a fonte alcalina se assemelha às cinzas do Levante usadas pelos vidreiros venezianos, sendo então 13 os fragmentos de possível origem veneziana (LCD0037b_núcleo; LCD0038; LCD0055; LCD0066; LCD0067; LCD0073; LCD0074; LCD0075; LCD0076; LCD0087; LCD0091; LCD0092; LCD0093) [38]. Em contrapartida, os teores acima deste valor indicam que os objetos foram possivelmente produzidos recorrendo a cinzas europeias [38].

Todavia, considerando os teores de $CaO < 7$ m/m% referidos também por S. Cagno *et al.* por De Raedt *et al.* e por M. Verità, o número de fragmentos de possível origem veneziana e com uma composição próxima do vidro *cristallo* se reduz para nove (LCD0037b_núcleo; LCD0038; LCD0066; LCD0074; LCD0075; LCD0076; LCD0087; LCD0092; LCD0093), tendo em conta que a estas concentrações existe indício de algum tratamento de purificação nas matérias-primas (figura 4.1.) [21, 38, 40]. Para confirmar o tratamento de purificação conferido às cinzas é necessário comparar o CaO com MgO , figura 4.1.B, pois são estes dois óxidos que se perdem em conjunto com os agente colorantes, como o ferro, aquando destes tratamentos [17, 21, 27, 52]. No entanto, a ausência de CaO e MgO é comprometedora pois, por se tratarem de elementos estabilizadores, a sua ausência, ou pouca quantidade, vai comprometer a durabilidade química do objeto [17, 21, 27, 52]. Este facto leva a que os fragmentos assinalados nesta área sejam mais suscetíveis à corrosão pelo meio ambiente (LCD0038_corpo; LCD0074; LCD0075; LCD0093) [17, 21, 27]. Tal é confirmado pelo estado de degradação dos fragmentos com esta composição (tabela 7.3.1. e imagens em anexo III).

Segundo Šmit *et al* as propriedades da fonte alcalina também podem ser discutidas a partir da relação dos óxidos CaO vs SrO . Quando a razão SrO vs CaO na matriz vítrea é baixa, normalmente inferior a 100 $\mu g/g$, pode dever-se a uma fonte de cálcio de origem mineral, indicar um fundente proveniente de uma fonte sódica natural ou de cinzas purificadas pela técnica de precipitação [51, 53]. A maioria dos fragmentos têm uma concentração de SrO superior a 400 $\mu g/g$ o que indica que o cálcio pode ter sido adicionado através de conchas [23, 51]. A grande maioria dos fragmentos que se situam abaixo desta marca situam-se também a $CaO < 7$ m/m%, o que pode indicar que baixos teores de SrO se relacionam com algum tipo de tratamento de purificação. O gráfico binário da figura 4.1.C sugere uma correlação positiva, mas dada a dispersão dos pontos seriam necessárias mais medições para reforçar esta ideia.

Como esta técnica decorativa é composta por várias camadas, um dos objetivos foi entender até que ponto o vidro incolor das canas poderia ter uma composição diferente do vidro incolor do corpo. Colocando, este último ponto em evidência, identificaram-se três fragmentos cujas camadas de vidro incolor têm composições ligeiramente diferentes, entre si (fragmentos LCD0037b, LCD0038 e LCD0092), ou seja, têm o vidro incolor da cana diferente do vidro incolor do corpo. Dos três fragmentos mencionados o LCD0038 diferencia-se por ter o vidro incolor do corpo com uma composição mais pura que o vidro incolor da cana. No estudo dos vidros *millefiori* de Lima *et al.* já se tinha verificado também esta possibilidade da decoração mostrar ter uma origem diferente do vidro base [16].

4.1.2 Fonte de sílica

Uma das fontes de sílica possíveis é a areia que pode conter inúmeras impurezas, nomeadamente a alumina que provêm do feldspato ou argilas e funciona como estabilizador de rede [26]. A areia tem também comumente na sua composição ferro, titânio, zircónio, entre outros [21, 23, 26, 54]. Estes são os principais elementos minoritários e traço da fonte de sílica e têm sido utilizados para estudar a proveniência das fontes de sílica [21, 23].

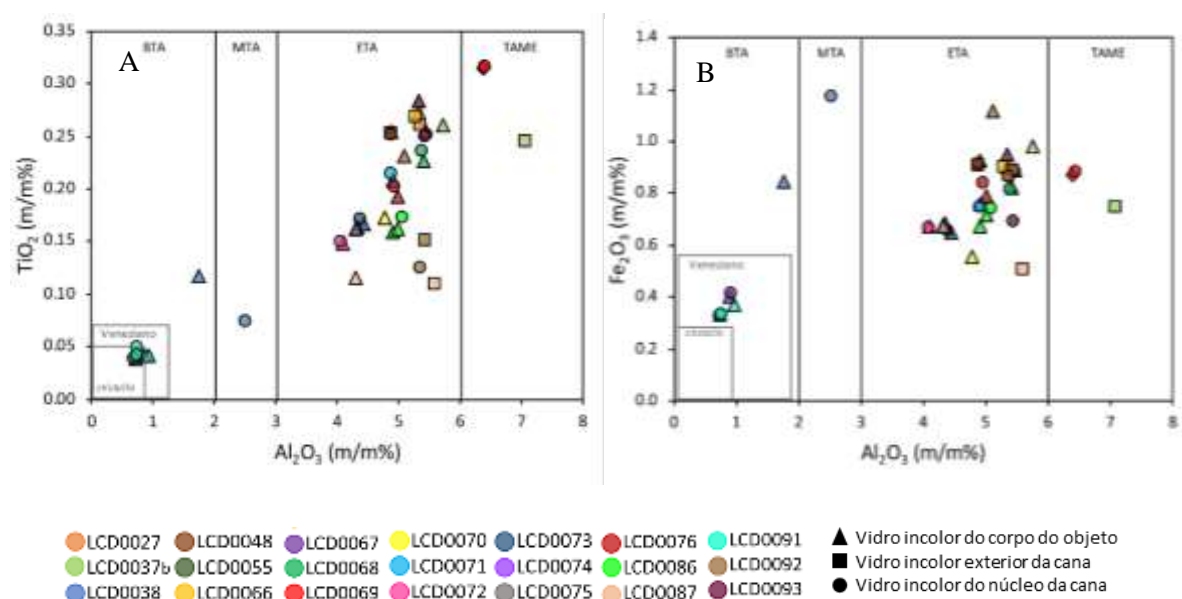


Figura 4.2: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas de alumina *versus* óxido de titânio; B) Gráfico binário com as percentagens mássicas de alumina *versus* óxido de ferro. Em ambos os gráficos estão representados os pontos de três camadas de vidro: vidro incolor do corpo do objeto, vidro incolor exterior da cana e vidro incolor do núcleo da cana. Legenda – BTA: Baixo Teor de Alumina, MTA: Médio Teor de Alumina; ETA: Elevado Teor de Alumina; TAME: Teor de Alumina Muito Elevado. A classificação das concentrações é feita seguindo Lima *et al.* [16].

Observando a figura 4.2., os fragmentos na grande maioria, situam-se na zona de elevado teor de alumina (3-6 m/m%) o que é pouco comum entre as composições dos vidros analisados e provenientes dos diversos centros de produção de *façon-de-Venise* Europeus conhecidos e apresentados pela autora (tabela em anexo VIII) [16]. A exceção recai sobre os centros de produção na Toscana (Gambassi e San Giovanni Valdarno) estudado por Cagno *et al.* (ver figura 4.3.A) onde

os vidros têm teores de alumina entre 3,7 m/m% e 5,2 m/m%. Estes valores são justificados pelo uso de areias locais ao invés de seixos de rio [55]. No entanto, comparando com estudos realizados a vidros encontrados em escavações portuguesas datados do século XVII como é o caso de Coutinho *et al.* e Lima *et al.*, observam-se semelhanças com os fragmentos em estudo apresentados na figura 4.2. E com elevado teor de alumina [16, 23].

Os teores de alumina mais elevados ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 6 \text{ m/m\%}$) pertencem à cana do fragmento LCD0037b (união com o fragmento LCD0037a) e ao fragmento LCD0069. Visualmente pode considerar-se que estes fragmentos são semelhantes, apresentando uma tonalidade do vidro base acinzentada/azulada, todavia com uma perfeição técnica elevada exibindo uma espessura da parede fina e cana não saliente e com fios brancos finos. Os três fragmentos pertencem a objetos compostos por *canna a fili* e *canna a retortoli*.

Tendo em conta as baixas concentrações de $\text{Al}_2\text{O}_3 (< 2 \text{ m/m\%})$ e $\text{TiO}_2 (0,7 \text{ m/m\%})$, propõem-se que os fragmentos LCD0067, LCD0091, LCD0055 poderão ter origem genuína veneziana. Embora estas mesmas amostras tenham um teor de Al_2O_3 e TiO_2 compatível com o vidro veneziano, tal não se verifica para o Fe_2O_3 (figura 4.1. B). Esta observação indica que, para as amostras em questão, o vidro pode não ter sido produzido recorrendo a matérias-primas tão purificadas como acontecia com o vidro *cristallo*, mas ainda assim puras tendo em conta que a composição é bastante próxima. Poderá então colocar-se a hipótese da classificação como *vitrum blanchum* [40]. Recordando a figura 4.1.A estes fragmentos são compatíveis com a utilização de cinzas do Levante. Mais uma vez, tal como acontece na fonte alcalina, os mesmos três fragmentos (LCD0037b, LCD0038 e LCD0092) não aparecem representados com pontos sobrepostos (ver figura 4.2.), o que significa que a composição não é exatamente a mesma entre as diferentes camadas de vidro de cada objeto. A leve diferença não é suficiente para propor a importação de um centro de produção diferente. Contudo, esta diferença poderá dever-se à utilização das mesmas matérias-primas, mas em momentos diferentes da produção, com possíveis tratamentos diferentes. Ao contrário do que se verificou na fonte alcalina (ver final do subcapítulo 4.1.1.), no caso da fonte de sílica a camada de vidro cujas matérias-primas são mais puras corresponde sempre ao vidro incolor do corpo dos objetos querendo com isto dizer que poderia efetivamente haver o cuidado da seleção de uma mistura inicial do vidro com menos impurezas para o vidro que seria a base que recebe as canas.

É fundamental a comparação dos dados em estudo com os dados arqueométricos presentes na literatura para esta técnica de decoração. Na figura 4.3.B, podemos observar que na sua grande maioria, os objetos de vidro filigranado encontrados fora de Portugal têm teores de alumina inferiores a 2 m/m%.

Neste mesmo gráfico binário de Al_2O_3 vs. Fe_2O_3 (figura 4.3.B) é saliente outro ponto muito importante e inesperado, que se trata do facto de poucas amostras se aproximarem da marca correspondente ao vidro *cristallo*. A par desta observação, olhando para a tabela 7.6 no anexo V, confirma-se que os teores de CaO são superiores a 7 m/m% (com exceção de quatro amostras em Portugal [23], cinco na Eslováquia [56] e sete em Antuérpia [18, 40], e as concentrações de MgO encontram-se dentro do intervalo das amostras em estudo (2 a 4 m/m%) com a exceção de seis amostras da Antuérpia com $\text{MgO} > 2$ m/m% [18, 40]. Desta forma, pode manter-se a hipótese de não se tratar de vidro *cristallo*, porque estes valores de CaO e MgO sugerem que não houve tratamentos de purificação como acontecia com este tipo de vidro.

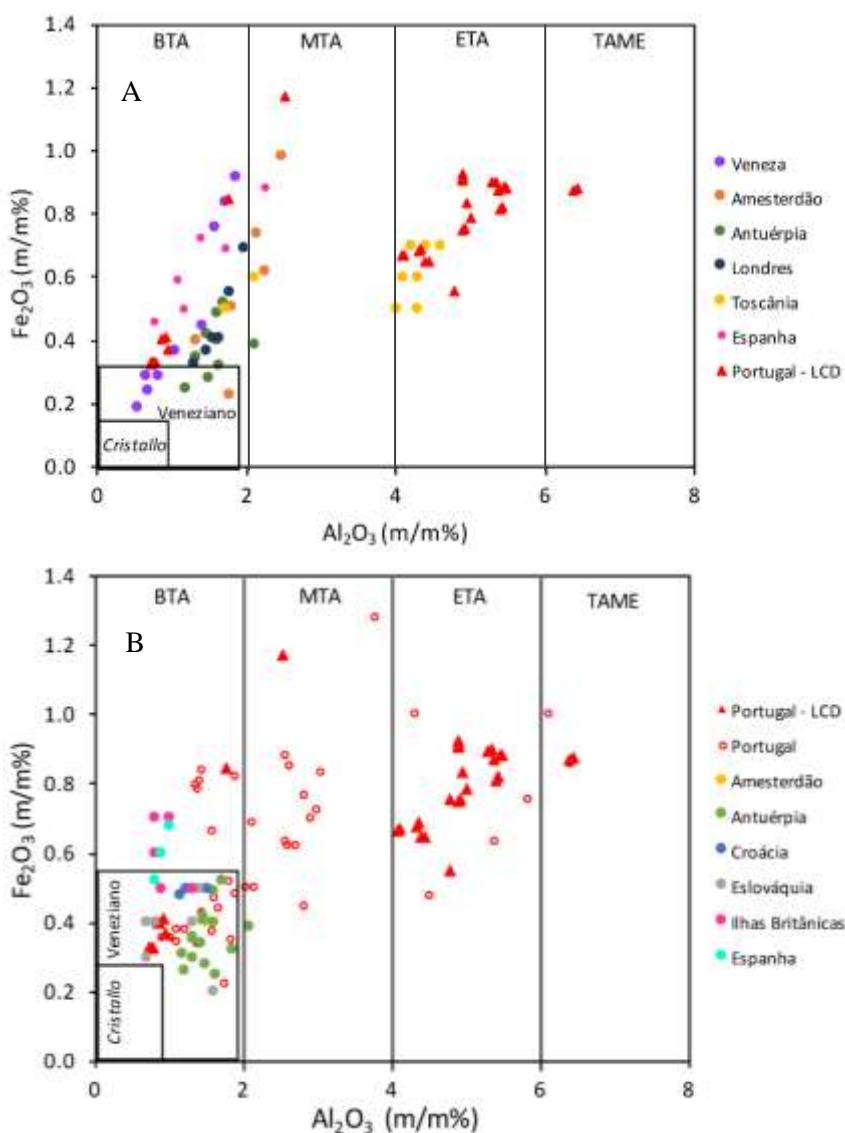


Figura 4.3: Gráficos binários com as percentagens mássicas da alumina versus óxido de ferro com concentrações recolhidas da literatura: A) gráfico de comparação dos teores das três camadas de vidro incolor dos fragmentos em estudo com teores dos centros de produção conhecidos (ver tabela 7.7. em anexo VIII); B) gráfico de comparação dos teores das três camadas de vidro incolor dos fragmentos em estudo com os teores recolhidos da literatura de vidro filigranado (ver tabela 7.6. em anexo VII).

Alguns autores, como é o caso de K. Laméris, afirmam que os fios ou canas de vidro branco com o padrão eram embebidas em vidro *crystallo* [13, 31, 48]. Portanto, era de esperar que tal se refletisse nos resultados analíticos. Provavelmente, esta hipótese surge pelo desejo de aplicar o melhor vidro a uma técnica tão requintada. Na figura 4.3.B estão em análise amostras que não têm origem veneziana, pelo que se coloca em hipótese os diferentes centros de produção usarem as matérias-primas locais independentemente dos objetos que iam produzir (ver capítulo 4.4).

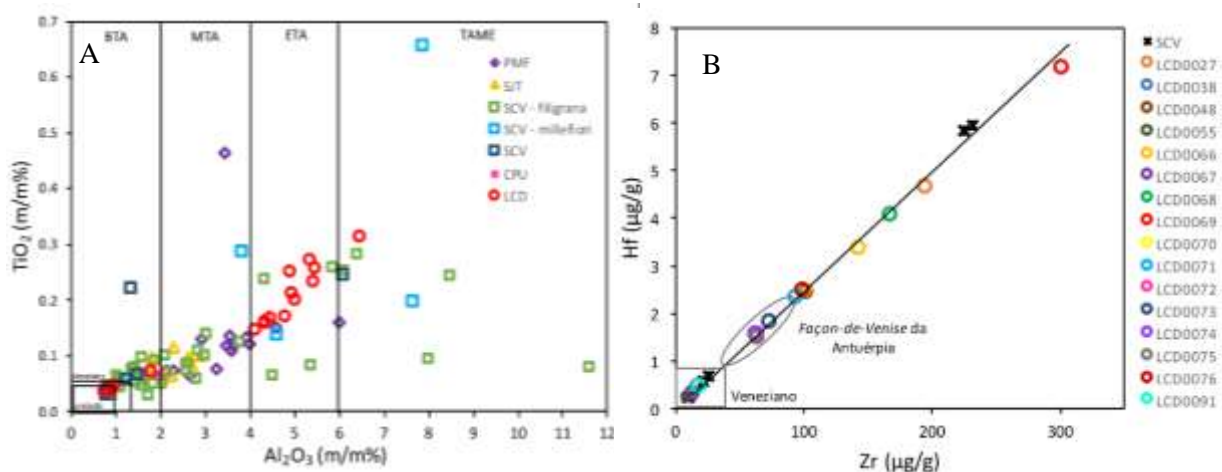


Figura 4.4: A) Gráfico binário com percentagens mássicas de alumina *versus* óxido de titânio do vidro incolor do corpo dos fragmentos em estudo em comparação com os restantes objetos encontrados em contexto português; B) Gráfico binário com percentagens das concentrações Zr *versus* Hf em µg/g determinadas por LA-ICP-MS para os vidros incolores do corpo dos fragmentos analisados em comparação com os vidros de SCV de Coutinho *et al.* [23]. As marcas assinaladas correspondem à generalidade do vidro *façon-de-Venise* da Antuérpia e às regiões gerais de vidro veneziano segundo a literatura [18, 23].

O grupo de fragmentos de São João de Tarouca (SJT) concentra-se entre BTA e MTA, enquanto que a maioria dos fragmentos da Praça Miguel Fernandes (PMF) localizam-se em MTA. Estes dois grupos correspondem aos dois centros de produção por descobrir, provavelmente nacionais propostos em Coutinho *et al.* [23]. Quando se olha também para o grupo formado por LCD este maioritariamente surge em ETA. Este dado vem reforçar a hipótese da existência de mais um centro de produção *façon-de-Venise* por descobrir, possivelmente localizado em Portugal.

É ainda de salientar que os vidros filigranados em estudo (LCD) não são compatíveis com a maioria das filigranas de Santa Clara-a-Velha, com algumas exceções, tal como se vê no gráfico binário da figura 4.4.A [57].

De acordo com De Raedt *et al* uma das formas de distinção entre o vidro veneziano e o vidro *façon-de-Venise* da Antuérpia é através dos teores de Zr e Hf [18]. Estes elementos provêm do mineral zircónio, sendo Hf um elemento associado ao mesmo [23, 38]. O vidro veneziano caracteriza-se por ter as concentrações destes elementos baixas (Zr entre 20 e 40 µg/g e Hf < 1 µg/g), pelo que se confirma na figura 4.4.B a classificação como vidro veneziano aos fragmentos LCD0067, LCD0055 e LCD0091. Todavia, o fragmento LCD0038 é também agrupado nesta classificação

apesar dos teores de ferro, titânio e alumina que apresenta se afastarem do vidro veneziano como vimos no subcapítulo 4.1.2.. Este fragmento em questão, como também já foi referido, visualmente aparenta grande perfeição técnica e um vidro brase completamente incolor e translúcido. Estes fatores, podem ser um sinal para que futuramente se olhe para outros elementos da composição que poderão confirmar, ou refutar, a classificação como vidro veneziano.

Um grupo de fragmentos (LCD0072, LCD0073, LCD0074 e LCD0075) situa-se na marca correspondente ao vidro *façon-de-Venise* da Antuérpia, no entanto, pelas concentrações interpretadas em capítulos anteriores, nomeadamente alumina, ferro e titânio, sabe-se que não podem ter esta atribuição. Em comparação com o estudo de Coutinho *et al.* é possível reforçar a ideia da possível existência de mais do que um centro de produção em território nacional tendo em conta a dispersão das amostras, mas principalmente a ausência de sobreposições e criação de grupos com os dois sítios arqueológicos (Santa Clara-a-Velha e Largo do Chafariz de Dentro).

Tonalidades naturais

O conjunto de fragmentos em estudo apresenta uma vasta gama de tonalidades que variam entre o acinzentado, azulado e até cinzento escuro.

De forma a avaliar se houve alguma intenção de descolorar os objetos em estudo olhou-se primeiramente para os teores de manganês. O MnO_2 era usado pelos vidreiros venezianos para contrariar os efeitos colorantes do ferro oxidando-o e reduzindo a quantidade de iões Fe^{2+} capazes de colorir o vidro, processo esse que podia resultar num tom acinzentado neutro [17, 20, 25]. Tendo em conta que os teores de MnO nunca ultrapassam 1 m/m%, não se pode afirmar que este óxido foi propositadamente adicionado à composição do vidro; pelo que o mais provável é que a sua presença se deva à utilização de matérias-primas menos puras [17, 38, 58].

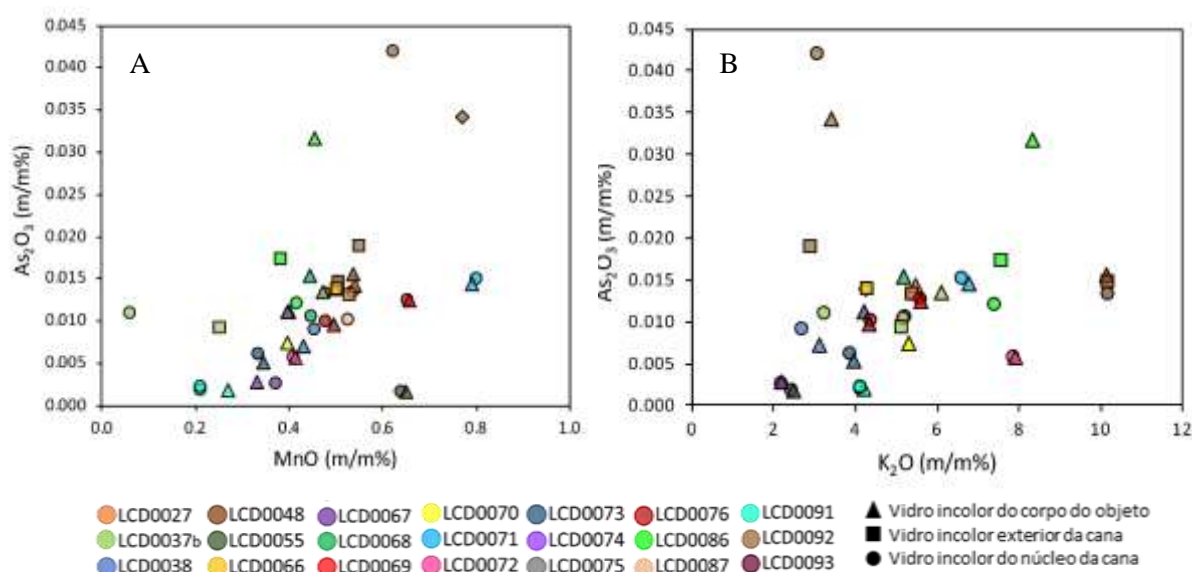


Figura 4.5: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido manganês *versus* óxido de arsénio; B) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido de potássio *versus* óxido de arsénio.

Portanto, estas tonalidades naturais podem ser interpretadas como sendo resultados direto das matérias-primas utilizadas. Todavia, as razões destas tonalidades não eram facilmente evidenciadas interpretando os valores da composição química, pelo que recorrer à espectroscopia de absorvância UV-Vis foi uma forma de compreender quais os cromóforos responsáveis pela cor do vidro.

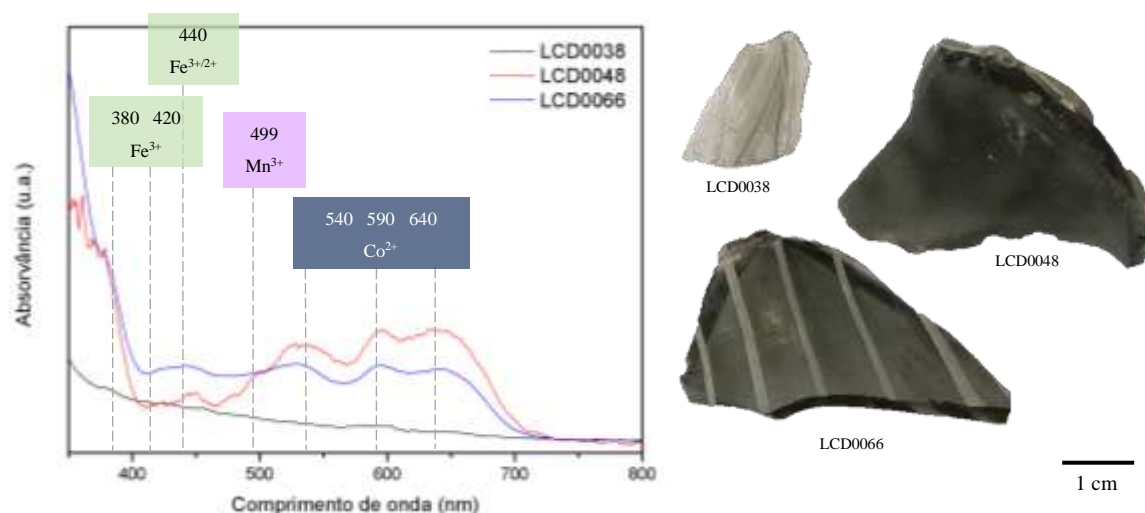


Figura 4.6: Espectro de absorvância de UV-Vis do vidro incolor do corpo dos fragmentos exemplificativos das diferentes tonalidades do conjunto. As fotografias dos fragmentos foram tiradas sobre fundo branco para salientar as tonalidades naturais do vidro.

Apresentam-se como exemplo três fragmentos que resumem as tonalidades presentes no conjunto, ou seja, um fragmento completamente incolor (LCD0038), outro acinzentado (LCD0066) e outro cinzento escuro (LCD0048). Olhando para a figura 4.5, é nítida a diferença que existe entre os espectros das três amostras apesar de em todos eles ser visível a presença dos iões Fe (II) e Fe (III) nas bandas 380, 420 e 440 nm, como seria de esperar tendo em conta que este elemento existe como impureza da matéria prima [9]. É também bastante visível a presença do ião Co(II) nas bandas características a 530, 590 e 640 nm nos fragmentos de tonalidade cinzenta, ao contrário do que acontece com o fragmento incolor LCD0038, sendo este um fator de distinção. Estes iões metálicos em conjunto podem ser responsáveis pela coloração não propositada destes vidros, tendo em conta que neste tipo de decoração o objetivo seria criar um padrão produzindo canas coloridas embebidas em vidro incolor.

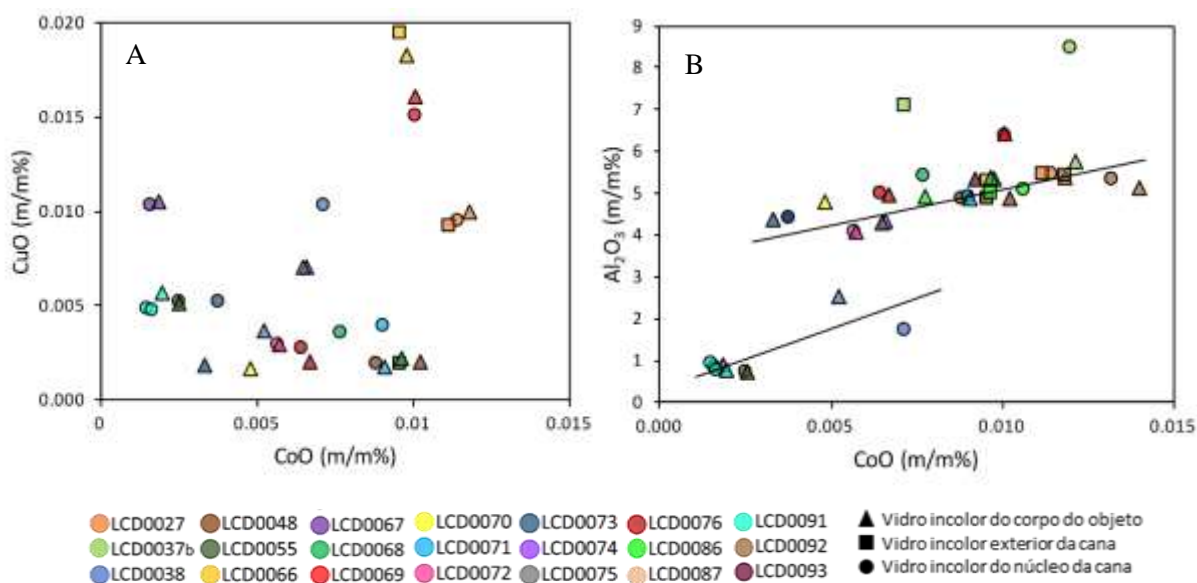


Figura 4.7: A) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido cobalto *versus* óxido de cobre; B) Gráfico binário com as percentagens mássicas do óxido cobalto *versus* alumina.

Do que se sabe até à data, o cobalto é escassamente reportado na literatura em vidros incolores *façon-de-Venise* com a exceção de um estudo português levado a cabo por Coutinho *et al.*, mas poderá ser a indicação de reciclagem de material vítreo fazendo a relação com cobre, estanho e chumbo [10, 59–61]. No entanto, dado o tipo de decoração, a presença do estanho e do chumbo, elementos usados na produção do vidro branco opaco (capítulo 4.2), podem induzir em erro, pelo que o meio de comparação será feito com a relação CoO *vs.* CuO, apresentado na figura 4.6. A.

Como já foi dito anteriormente esta técnica decorativa é considerada de luxo, o que não se coaduna com a utilização de materiais reciclados para a produção destes objetos. Contudo, olhando para a figura acima apresentada (figura 4.6 A) não é clara uma correlação que indique que existe uma relação entre o CoO e o CuO, o que pode indicar que não estão relacionados com a mesma matéria-prima. Dito isto, ficam em aberto as possibilidades da existência de reciclagem, a adição propositada destes mesmos óxidos, ou ainda a adição de algum destes óxidos não propositada como forma de impureza da própria matéria-prima, sendo a última hipótese a considerada mais provável.

Todavia, relacionando o cobalto com um óxido proveniente da fonte de sílica como a alumina, é notável que o cobalto aumenta conforme aumenta a alumina (figura 4.6.B). Esta correlação e a proveniência do CoO é um dado a explorar futuramente, no entanto, a sua presença, por ser de uma forma tão insignificante, não é suficiente para dar a cor azul, mas devido ao seu poder colorante confere uma tonalidade cinzenta em conjunto com o ferro.

Olhando para as linhas de tendência criadas no gráfico binário da figura 4.6.B, é de salientar a perfeita distinção entre os vidros incolores que têm uma menor concentração de ambos os óxidos, e os vidros com alguma tonalidade que por sua vez têm uma concentração maior. A alumina está

então diretamente relacionada com a fonte de sílica, pelo que a matéria-prima desta fonte contendo menos impurezas resulta num vidro mais incolor, a par do cobalto.

A partir do século XVII o arsénio começa a ser um descolorante mencionado nas fontes históricas venezianas, inclusive Šmit *et al.* coloca a hipótese da utilização dos dois descolorante em proporção e tal se pode verificar olhando para a correlação apresentada na figura 4.7. A e B [51, 21, 51].

4.2 Vidro branco opaco

Como vimos anteriormente (capítulo 1.1.3.), para além do vidro incolor, a cana é composta por uma camada de vidro branco⁷. Ao contrário do que se pretendia para o vidro incolor, esta camada é opaca e o que confere essa opacidade e cor são microcristais dispersos na matriz vítrea que refletem a luz, fazendo com que o vidro seja branco [10, 16, 62]. Por espectroscopia de Raman foi possível a identificação desses mesmos cristais para três dos vidros em estudo.

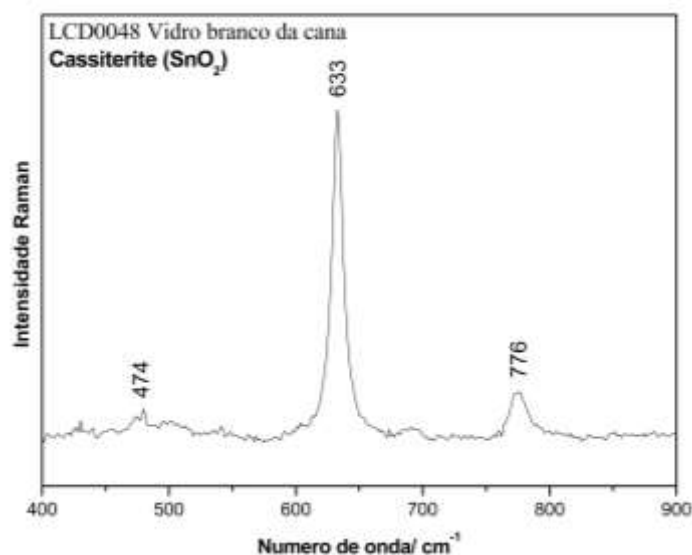


Figura 4.8: Espectro Raman de Cassiterite (SnO₂)

Na figura acima apresentada (figura 4.8.) observa-se a assinatura da cassiterite nas bandas a 633-775 cm⁻¹ e num pico menos intenso a 474 cm⁻¹ [16, 63, 64].

Este opacificante era preparado calcinando chumbo e estanho metálico até formar uma cal branco na superfície que era depois separada e adicionada ao vidro transparente. O chumbo dissolve-se tornando-se um vidro de chumbo onde os microcristais de cassiterite (SnO₂) estão dispersos [16, 20, 26, 29, 62, 65].

⁷ A composição do vidro base é sódica e foi calculada retirando todos os óxidos colorantes, descolorantes e opacificantes e normalizados a 100%. A classificação foi atribuída a partir desses teores aplicando a tabela de Coutinho (2016, p.20), ou seja, vidro silicatado sodo-cálcico corresponde a Na₂O > 10 m/m% [5].

O vidro branco opaco era designado *lattimo* nos documentos e receitas venezianas devido à sua cor branco leitoso, desde o século XV, mais precisamente desde 1420 [29, 66]. Surgiu com o objetivo de imitar a porcelana chinesa [20, 25, 28, 29]. O opacificante com chumbo e estanho foi usado em Murano até ao século XIX; outros opacificantes em uso eram o antimoniato de cálcio (a partir da metade do século XVI), o fosfato de cálcio (na segunda metade do século XV) e o arsenato de chumbo (a partir do fim do século XVII) [20].

À exceção do contexto de Santa Clara-a-Velha⁸ todos os vidros filigranados encontrados em contexto nacional até à data utilizam apenas decoração com fios brancos. À semelhança do que foi possível observar nos vidros filigranados encontrados em contexto nacional, nos sítios arqueológicos da mesma cronologia espalhados pela Europa é possível observar-se que a maioria delas é branca, embora também haja alguns vidros filigranados com canas coloridas [4].

4.3 As diferentes camadas

Já se verificou noutros pontos atrás que, de facto, podem existir vidros que compõem as canas com uma composição ligeiramente diferente do vidro correspondente ao corpo do mesmo objeto. Posto isto, na análise da comparação destas camadas de vidro incolor com o vidro branco será mais fidedigna a sua interpretação quando considerando os elementos traço e terras raras, assim como é apresentado na figura 4.10..

Mas primeiramente, é fundamental olhar para os mapas elementares de μ -PIXE no anexo VI e figura 4.9. pois sugerem que apesar dos diferentes componentes constituintes das camadas de vidro incolor e vidro branco, não houve difusão elementar entre elas. O chumbo e o estanho são os elementos que distinguem as duas camadas com a função de conferir cor e opacidade do vidro branco, no entanto, o chumbo é também responsável por baixar a temperatura de fusão do vidro. Desta forma, quando o vidro branco é aplicado sobre o vidro incolor este já estará rígido o suficiente para não se difundir.

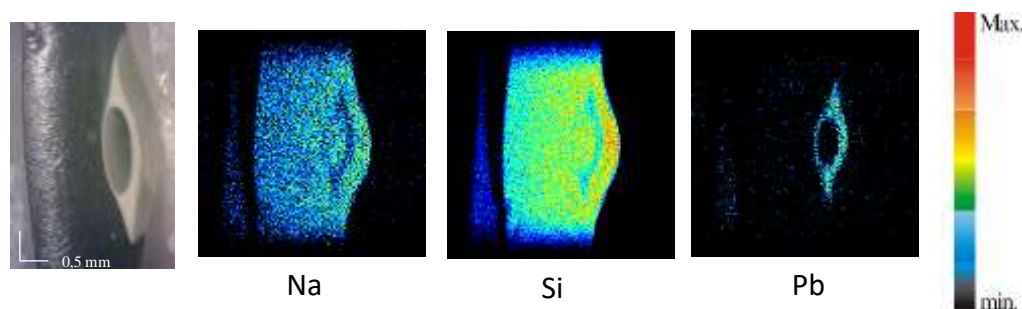


Figura 4.9: Mapas elementares de μ -PIXE, obtidos numa secção transversal do fragmento LCD0092.

⁸ Neste contexto arqueológico foram encontrados seis fragmentos de vidro filigranado com canas coloridas: azul, verde, vermelho e amarelo, para além do branco [4], [57].

Considerando os elementos traço e terras raras dos vidros em estudo num gráfico normalizado aos elementos traço da crosta terrestre (figura 4.10) é possível observar exemplos representativos dos fragmentos de vidro filigranado.

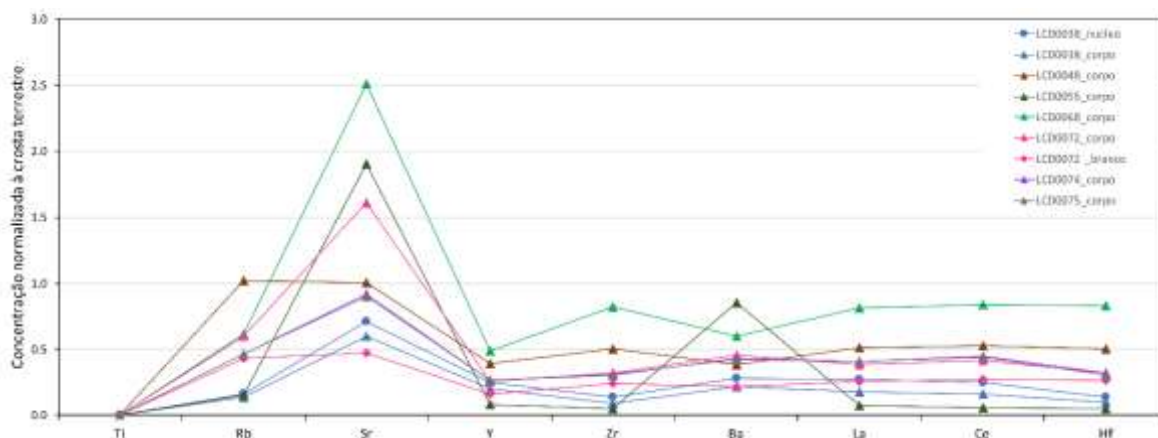


Figura 4.10:Concentrações de alguns elementos traço e terras raras normalizados à crosta terrestre para um grupo de fragmentos representativos em estudo.

O maior grupo criado é constituído por fragmentos em que todas as camadas de vidro do mesmo fragmento têm a mesma assinatura (LCD0068 representado na figura 4.10; LCD0027, LCD0048, LCD0066, LCD0069 e LCD0070 em anexo IX), o que significa que as matérias-primas eram muito provavelmente as mesmas, mas usadas em concentrações diferentes justificando a diferença das intensidades das terras raras (figura 7.3.A. em anexo IX).

Verificou-se que os fragmentos LCD0072 (figura 4.10), LCD0071 e LCD0076 (figura 7.3. B, anexo IX) são os únicos cujas camadas de vidro incolor são diferentes da camada de vidro branco pela diferente assinatura nomeadamente Sr, Zr e Ba. Ainda relativamente a diferenças existentes entre as diferentes camadas, o fragmento LCD0038 demonstrou anteriormente quando olhando para os elementos maioritários que a cana tem uma composição diferente do corpo, no entanto a diferença neste aspeto, embora que muito ligeira, recai sobre os elementos La e Ce (figura 4.10.).

Observando os fragmentos LCD0074 e LCD0075 (figura 4.10 e imagens em anexo III) são visíveis muitas semelhanças visuais e olhando para o gráfico da figura 4.10 comprova-se que são os únicos fragmentos cujas concentrações coincidem perfeitamente. Por conseguinte, pode-se propor que façam parte do mesmo fragmento.

Um fragmento que se destaca relativamente ao restante conjunto é o LCD0048 pelas canas bastante relevadas em relação ao corpo, pelo que poderá ser considerada uma produção anterior segundo H. Tait e F. Pulido Valente [4, 14]. Por outro lado K. Laméris acrescenta que visualmente, se pode tratar de uma proveniência Castelhana ou Catalã [47] Compilando esta informação com o gráfico cima onde se observa que este se diferencia de todo conjunto analisado por LA-ICP-MS

imediatamente pela assinatura dos elementos Rb e Sr, possibilitando uma diferente proveniência em relação aos restantes (figura 4.10).

Neste trabalho foram propostos três fragmentos como sendo de origem veneziana e no gráfico, uma vez mais, representado como LCD0055 (figura 7.3. C em anexo IX) pode-se reforçar esta proposta pela mesma assinatura que apresentam.

4.4 Técnica *versus* composição

Dentro desta técnica decorativa existem várias formas possíveis de alcançar os diversos padrões. Posto isto, é interessante analisar até que ponto poderia haver ou não o cuidado de usar matérias-primas melhores e mais puras para a produção de padrões mais requintados.

Relativamente à fonte alcalina (figura 4.11.A) não existe qualquer formação de grupos por tipo de técnica. Mas é o fragmento com *canna a retortoli* (LCD0038) mais complexa e rara composta por duas bandas e dois fios, que se destaca por se situar na área com menores teores de CaO e MgO, sugerindo assim a utilização de matérias-primas mais puras.

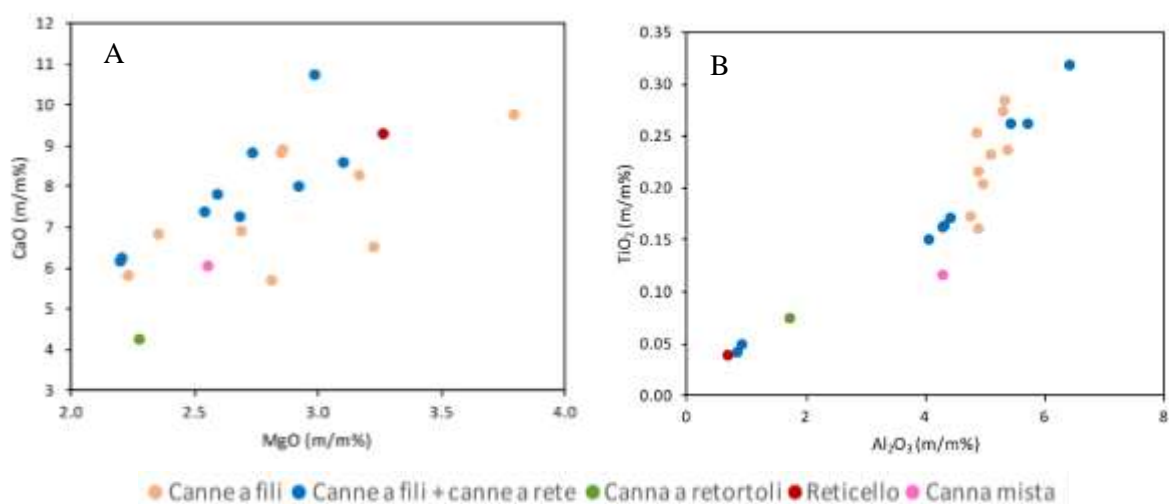


Figura 4.11: A) gráfico com as percentagens mássicas do óxido magnésio *versus* cálcio; B) gráfico com as percentagens mássicas do óxido alumina *versus* titânio.

Analisando a fonte de sílica (figura 4.11.B), percebe-se que o conjunto se pode dividir em dois grupos distintos. O primeiro grupo constituído por um fragmento *vetro a reticello* (LCD0055), dois fragmentos com *canne a fili + canne a retortoli* (LCD0091 e LCD0067) e um fragmento com *canna a retortoli* (LCD0038) de provável origem veneziana; e o segundo grupo com os restantes tipos com origem num centro de produção ainda por descobrir. Os fragmentos com *canne a fili* (considerado o padrão mais simples), apresentam uma concentração de alumina elevada (entre 4 e 6%), ao contrário do que acontece com o fragmento de *vetro a reticello* (LCD0055) que, sendo considerado a técnica mais requintada, já era esperado que, tal como se comprovou, tivesse sido produzido com matérias-primas mais puras. A par deste fragmento encontra-se também a *canna a*

retortoli (LCD0038) já mencionado anteriormente como sendo um tipo raro, pelo que se enquadra com o *vetro a reticello*.

Consegue identificar-se mais do que um tipo de cana em cada grupo pelo que se pode concluir que cada centro de produção usava um tipo de vidro segundo as matérias-primas disponíveis, e não segundo o que ia produzir, salvaguardando possíveis exceções como por exemplo encomendas importantes.

O grupo que abrange a maioria das amostras e que é caracterizado pela utilização de matérias-primas com mais impurezas, é composto quase na sua totalidade por *canne a fili* com uma menor perfeição técnica. Com base neste grupo criado no gráfico binário da figura 4.11. B. pode sugerir-se que as canas mais complexas têm uma origem provável genuína veneziana enquanto que as *canne a fili* pertencem a um centro de produção ainda por descobrir. Por conseguinte, existia importação de objetos de luxo e, provavelmente a tentativa de desenvolver a técnica começando pelas tipologias de canas mais simples, salientando a proposta de produção nacional embora que de uma forma mais modesta.

Sendo a perfeição técnica uma das formas de distinção entre centros de produção de vidro observou-se que existem casos em que as canas são heterogéneas e não equidistantes entre si, como o LCD0048, LCD0066, LCD0071 e LCD0081. Olhando para a composição química de cada um confirma-se que não podem ser atribuídos a uma composição genuinamente veneziana.

Outro aspeto a ter em conta são as terminações das canas que são visíveis nos fragmentos LCD0048, LCD0066, LCD0071, LCD0079, LCD0080, LCD0088, LCD0089, LCD0090 e LCD0105 (ver imagens em anexo III). Este tipo de acabamento é diferente do que se espera de uma peça genuinamente veneziana. Destes fragmentos mencionados foram analisados os primeiros três e confirmou-se que não têm uma composição que possa ser atribuída a Veneza. Os restantes fragmentos pertencentes a este grupo, mas que não foram analisados, são caracterizados visualmente por terem um aspeto menos cuidado a nível técnico, pelo que a atribuição a produção Veneziana é também improvável. É de salientar que nem sempre foi possível ver se os restantes fragmentos do conjunto tinham ou não terminação por possivelmente não pertencerem a extremidades dos objetos.

Todas as canas dos fragmentos do conjunto constituídos exclusivamente com *canna a fili* são compostas por 3 camadas. Estando de acordo com a atribuição da datação frequentemente atribuídas ao século XVI e XVII [4, 47]. Quando o fragmento é combinado com *canna a fili* e *canna a retortoli* observa-se que ambas as canas são compostas por duas camadas, com a exceção dos fragmentos LCD0037 e o LCD0073, onde se observam *canne a fili* com as três camadas.

5 Conclusão

São escassos os estudos que abordam conjuntos de vidros *façon-de-Venise* em Portugal, mas são ainda menos os que tratam a técnica vidro filigranado. Para além do primeiro estudo existente e apresentado em poster, pode dizer-se que este trabalho compõe uma primeira abordagem mais aprofundada e sistemática nesta temática.

As análises por LA-ICP-MS permitiram quantificar os elementos maioritários, minoritários, traço e terras raras enquanto que as análises por μ -PIXE mostraram um limite de deteção menor não alcançando as terras raras. Em contrapartida, complementou a técnica analítica anterior por permitir a obtenção de mapeamentos elementares e observação da não difusão de elementos entre as diferentes camadas de vidro de composições diferentes. A aplicação da espectroscopia de absorvância de UV-Vis foi fundamental para identificar a presença de catiões de cobalto, ferro e manganês nos vidros incolores que apresentavam tonalidades naturais como acinzentado e azulado, justificando assim a origem destas colorações.

Do total de 45 fragmentos foram seleccionados 21 para análise e estudo de uma forma mais detalhada, dos quais foram identificadas todas as camadas constituintes de três fragmentos com possível proveniência genuinamente veneziana (LCD0055, LCD0067, LCD0091). Até à data, desta cronologia, só tinham sido identificados vidros genuínos venezianos em Santa Clara-a-Velha, Coimbra. Comparando a composição dos fragmentos em estudo com a composição de vidros encontrados em centros de produção europeus pertencentes à mesma cronologia, foi possível verificar que os restantes 17 fragmentos devido principalmente aos elevados teores da impureza alumina superiores a 3 m/m%, não se enquadram com nenhum centro em específico. Todavia, detetou-se uma forte semelhança com a composição de vidros escavados em contexto português com uma possível proposta de produção nacional (estudo avançado por Coutinho *et al.*[23]), nomeadamente nos teores de alumina superiores a 3 m/m%.

Destacaram-se três fragmentos (LCD0038, LCD0037b e LCD0092) pela diferente composição entre o vidro incolor das canas relativamente ao vidro incolor do corpo. A diferença ligeira na composição não permite a colocação da hipótese de serem originários de centros de produção diferentes ou até mesmo importação de canas como tinha sido sugerido noutros estudos. Outro grupo de fragmentos (LCD0071, LCD0072 e LLCD0076) mostrou ser possível a provável utilização de uma composição diferente entre a camada de vidro branco e as restantes camadas de vidro incolor.

O conjunto em estudo destaca-se visualmente pela variedade de padrões dentro do tipo decorativo da filigrana. Uma vez que a maioria dos fragmentos é de pequenas dimensões, a atribuição dos mesmos a um objeto específico como cálice, taça, jarra, entre outros, foi uma tarefa difícil. Foi

possível sugerir que 15 fragmentos pertencem a bordos ou bases, pelo que é difícil reconstruir a forma dos objetos mesmo quando eram usadas as canas com decorações mais simples, como é o caso da *canna a fili*. Foi exatamente a técnica decorativa que possibilitou a classificação de todos os fragmentos como vidros *façon-de-Venise* ou venezianos.

O presente trabalho compõe uma importante visão no que toca ao estudo de fragmentos arqueológicos, onde se colocou em prática diretamente a relação entre as diferentes disciplinas do saber. Olhou-se para a forma, mais precisamente para os tipos de decoração das canas, assim como para a composição, de maneira a perceber se havia alguma relação entre a qualidade das matérias-primas utilizadas e os diferentes padrões. Percebeu-se que, para a produção de canas com maior exigência técnica, utilizadas nos padrões mais requintados, como é o caso do *vetro a reticello* (LCD0055) e da *canna a retortoli* constituídas por duas bandas e dois fios (LCD0038), houve seleção de matérias-primas mais puras e cuidadas.

Futuramente, seria benéfico fazer um estudo aprofundado sobre as areias portuguesas para compreender qual a sua composição de forma a criar uma base de comparação com as análises dos fragmentos encontrados em contexto nacional com proveniências desconhecidas. As areias suscitam maior interesse pois é na fonte de sílica que, a maioria dos conjuntos estudados, se destacam maiores características próprias relativamente a outros centros de produção, para além de haver pouca probabilidade de serem importadas de outros países. Só desta forma se conseguirá confirmar que existiam centros de produção de vidro em Portugal, e ainda, que produziam vidro filigranado. Enquanto isso, são também necessários mais estudos aprofundados tanto a nível técnico como formal e analítico, de mais conjuntos encontrados em território nacional.

São escassos os estudos de vidro filigranado publicados, mas são ainda menos os estudos de vidro filigranado que combinam as diferentes áreas da arqueometria. Portanto este estudo veio realçar a importância de olhar para esta técnica decorativa com o requinte que merece como forma de conservação da técnica para as gerações futuras. Para que tenham o privilégio de olhar para um objeto de filigrana e saber que os fios são canas que resultam de um trabalho tão complexo.

6 Referências bibliográficas

-
- [1] R. Banha da Silva, P. Miranda, V. Noronha Vieira, A. Moreira Vicente, G. Lopes, and C. Nozes, “Largo do Chafariz de Dentro: Alfama em época moderna,” in *Velhos e Novos Mundos. Estudos de Arqueologia Moderna/ Old and New Worlds. Studies on Early Modern Archaeology.*, 2012, vol. 1, pp. 71–84.
- [2] T. Medici, “Vidros da Terra, o vidro tardomedieval e moderno em Portugal (séculos XIV-XVII). O contributo da arqueologia,” Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2014.
- [3] T. Rehren and I. C. Freestone, “Ancient glass: From kaleidoscope to crystal ball,” *J. Archaeol. Sci.*, vol. 56, pp. 233–241, 2015.
- [4] F. Pulido Valente, I. Coutinho, T. Medici, and M. Vilarigues, “16 th – 17 th century filigrana glass found in Portugal : some preliminary observations,” in *Study Days on Venetian Glass, Venetian filigrana glass through the centuries.*, 2018, pp. 139–153.
- [5] I. Coutinho, “New insights into 17 th and 18 th century glass from Portugal : Study and Preservation,” Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e tecnologia, 2016.
- [6] J. Custódio, *A Real Fábrica de Vidros de Coima (1719-1747) e o vidro em Portugal nos séculos XVII e XVIII*. Lisboa: Instituto Português do Património Arquitectónico, 2002.
- [7] G. de M. Sequeira, *A Indústria Vidreira em Portugal: 1880 - 1962*. Lisboa: Companhia Industrial Portuguesa, 1932.
- [8] V. Valente, *O vidro em Portugal*. Porto: Portucalense Editora, 1950.
- [9] J. M. F. Navarro, *El Vidrio*, 3ª edição. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2003.
- [10] M. Verità, A. Renier, and S. Zecchin, “Chemical analyses of ancient glass findings excavated in the Venetian lagoon,” vol. 3, pp. 261–271, 2002.
- [11] C. Hess and T. Husband, *European Glass in the J. Paul Getty Museum*. 1997.
- [12] C. Zerwick, *A short history of Glass*. New York, 1990.
- [13] D. Klein and W. Lloyd, *The History of Glass*. London: Orbis Publisher Limited, 1984.
- [14] H. Tait, *5000 years of glass*. London: The British Museum, 2012.
- [15] J.-A. Page, “Introduction,” in *Beyond Venice: Glass in Venetian Style, 1500-1750*, New York: The Corning Museum of Glass, 2004, pp. 3–61.
- [16] A. Lima, T. Medici, A. Pires de Matos, and M. Verità, “Chemical analysis of 17th century Millefiori glasses excavated in the Monastery of Sta. Clara-a-Velha, Portugal: Comparison with Venetian and façon-de-Venise production,” *J. Archaeol. Sci.*, vol. 39, no. 5, pp. 1238–1248, 2012.
- [17] M. Verità and S. Zecchin, “Thousand years of Venetian glass: the evolution of chemical composition from the origins to the 18th century,” in *Annales de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre 17, Antwerp 2006.*, 2009, pp. 602–613.
- [18] I. De Raedt, K. Janssens, J. Veeckman, L. Vincze, B. Vekemans, and T. E. Jeffries, “Trace analysis for distinguishing between Venetian and façon de Venise glass vessels of the 16th and 17th century,” *J. Anal. At. Spectrom.* 16, no. 16, pp. 1012–1017, 2001.
- [19] F. Pulido Valente, “Estudo de dois conjuntos de cálices em vidro provenientes da escavação arqueológica da Casa dos Bicos , Lisboa,” Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013.
- [20] M. Verità, “Secrets and innovations of Venetian Glass between the 15th and the 17th centuries: raw materials , glass melting and artefacts,” *Study Days Venetian Glas.*, pp. 53–63, 2014.
- [21] M. Verità, “Venetian Soda Glass,” in *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, K. Janssens, Ed. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd, 2013, pp. 516–535.
- [22] H. Bronk, G. Schulze, P. Ritsema van Eck, and H.-G. Bertel, “Distinction on Venetian glass from façon de Venise glass on basis of chemical analysis, an assessment of the chances and limitations,” in *Annales du 14e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, 1998, pp. 341–345.

- [23] I. Coutinho, T. Medici, L. C. Alves, B. Gratuze, and M. Vilarigues, "Provenance studies on façon-de-Venise glass excavated in Portugal," *J. Archaeol. Sci. Reports*, vol. 7, no. June, pp. 437–448, 2016.
- [24] K. Janssens, I. Cagno, I. De Raedt, and P. Degryse, "Transfer of Glass Manufacturing Technology in the Sixteenth and Seventeenth Centuries from Southern to Northern Europe: Using Trace Element Patterns to Reveal the Spread from Venice via Antwerp to London," in *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, Modern Methods for Analysis Archeological and Historical Glass, 2013, pp. 537–562.
- [25] W. P. McCray, "Glassmaking in renaissance Italy: The innovation of venetian cristallo," *JOM J. Miner. Met. Mater. Soc.*, vol. 50, no. 5, pp. 14–19, 1998.
- [26] C. Moretti and S. Hreglich, "Raw Materials, Recipes and Procedures Used for Glass Making," in *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, K. Janssens, Ed. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd, 2013, pp. 23–47.
- [27] M. Verità and S. Zecchin, "La tecnologia vetraria veneziana del XV-XVI secolo attraverso le analisi di reperti in vetro d'uso comune," *Quad. Friulani di Archeol.*, vol. XIX, pp. 237–248, 2009.
- [28] H. Tait, *The Golden Age of Venetian Glass*. London: The Trustees of British Museum, 1979.
- [29] M. Verità and S. Zecchin, "Scientific investigation of a Venetian Polychrome goblet of the 16th Century," *J. Glass Stud.*, vol. 50, no. 2008, pp. 105–115, 2008.
- [30] W. Gudenrath, *The Techniques of Renaissance Venetian Glassworking*. Corning Museum of Glass.
- [31] K. Laméris, *A collection of filigrana glass*. Amsterdam: Frides Laméris art and Antiques, 2012.
- [32] R. B. Mentasti, R. Mollo, P. Framarin, M. Sciacaluga, and A. Goetti, *Glass Throught Time: History and Technique of Glassmaking from the Ancient World to the Present*. Milan, Italy: SKIRA Editore S.p.A, 2003.
- [33] A. C. Revi, "Millefiori, Filigree, and Striped Glass," *The Spinning Wheel*, vol. 14, no. 1, pp. 12–15, Jan-1958.
- [34] L. Dussubieux and K. Karklins, "Glass bead production in Europe during the 17th century : Elemental analysis of glass material found in London and Amsterdam," *J. Archaeol. Sci. Reports*, vol. 5, pp. 574–589, 2016.
- [35] Z. Smit, K. Janssens, E. Bulska, B. Wagner, M. Kos, and I. Lazar, "Trace element fingerprinting of façon-de-Venise glass," vol. 239, pp. 94–99, 2005.
- [36] R. Liefkes, "Façon-de-Venise Glass in the Netherlands," in *Beyond Venice: Glass in Venetian Style 1500-1750*, New York, 2004, pp. 227–249.
- [37] D. Dungworth, T. Cromwell, D. Ashurst, C. Cumberpatch, D. Higgins, and H. Willmott, "Glass and pottery manufacture at Silkstone, Yorkshire," *Post-Medieval Archaeol.*, vol. 40, no. 1, pp. 160–190, 2006.
- [38] S. Cagno, K. Janssens, and M. Mendera, "Compositional analysis of Tuscan glass samples : in search of raw material fingerprints," pp. 1389–1395, 2008.
- [39] I. De Raedt, K. Janssens, and J. Veeckman, "On the distinction between 16th and 17th century venetian and façon-de-venise glass," in *Proceedings of Majolica and Glass. From Italy to Antwerp and Beyond. The Transfer of Technology in the 16th - early 17th Century*, 2002, pp. 95–121.
- [40] I. De Raedt, K. Janssens, and J. Veeckman, "Compositional distinctions between 16th century façon-de-Venise and Venetian glass vessels excavated in Antwerp , Belgium," *J. Anal. At. Spectrom.*, no. 14, pp. 439–498, 1999.
- [41] V. Van der Linden *et al.*, "Compositional analysis of 17 – 18th century archaeological glass fragments , excavated in Mechelen , Belgium : Comparison with data from neighboring cities in the Low Countries," vol. 239, pp. 100–106, 2005.
- [42] S. Cagno, I. De Raedt, T. Jeffries, and K. Janssens, "Composition of Façon de Venise glass from early 17th century London in comparison with luxury glass of the same age," *Proc. SPIE - Int. Soc. Opt. Eng.*, vol. 8422, no. November 2015, pp. 1–12, 2012.
- [43] C. Mortimer, "Analysis of post-Medieval glass from Old Broad street, Lonton, with reference to other contemporary glasses from London and Italy," *Trade Discov. Sci. study*

- Artefacts from Post-Medieval Eur. and Beyond*, pp. 135–144, 1995.
- [44] H. Willmott, “Venetian and Façon de Venise Glass in England,” in *Beyond Venice: Glass in Venetian Style 1500-1750*, New York: The Corning Museum of Glass, 2004, pp. 271–307.
 - [45] F. Pulido Valente, I. Coutinho, T. Medici, C. Brain, and M. Vilarigues, “A Group of Early English Lead Crystal Glass Globlets Found in Lisbon,” *J. Glass Stud.*, vol. 58, pp. 211–225, 2016.
 - [46] Linguee, “Linguee,” 2018. [Online]. Available: <https://www.linguee.pt/portugues-italiano/search?source=italiano&query=vetro>. [Accessed: 30-Apr-2018].
 - [47] K. Laméris, “Vetro a retortoli: Thoughts about dating,” *Glas. Circ. News*, vol. 36, no. 133, pp. 16–21, 2013.
 - [48] K. Laméris, “Some New Insights about 16th and 17th century vetro a retortoli,” in *ATTI, Classe Di Scienze Fisiche, Matematiche E Naturali, 172 / I : Study Days on Venetian Glass, Approximately 1600's*, 2014, pp. 105–116.
 - [49] J.-A. Page, “Filigran glass aus Venedig und à la façon de venise in Renaissance und Barock, Renaissance and Baroque filigree glass made in Venice and à la façon de Venise,” in *Das weisse Gold von Venedig: Filigranglas für die Kunstkammer Europas/The White Gold of Venice: Filigree Glass for European Kunstkammer*, München, 2014, pp. 6–23.
 - [50] E. Schmid, “Venetian Style Techniques,” in *Advanced Glassworking Techniques*, Bellingham, Washington: Glass Mountain Press, 1997, pp. 133–211.
 - [51] Ž. Šmit, F. Stamati, N. Civici, A. Vevečka-Priftaj, M. Kos, and D. Jezeršek, “Analysis of Venetian-type glass fragments from the ancient city of Lezha (Albania),” *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. with Mater. Atoms*, vol. 267, no. 15, pp. 2538–2544, 2009.
 - [52] M. Verità, “L’invenzione del cristallo muranese: una verifica analitica delle fonti storiche,” *Riv. della Stn. Sper. del vetro*, vol. 15, pp. 17–29, 1985.
 - [53] H. Šmit, P. Pelicon, M. Holc, and M. Kos, “PIXE/PIGE characterization of medieval glass,” *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. with Mater. Atoms*, vol. 189, no. 1–4, pp. 344–349, 2002.
 - [54] B. Velde, “Glass Composition over Several Millennia in the Western World,” in *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, K. Janssens, Ed. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd, 2013, pp. 67–78.
 - [55] S. Cagno, M. Mendera, T. Jeffries, and K. Janssens, “Raw materials for medieval to post-medieval Tuscan glassmaking: new insight from LA-ICP-MS analyses,” *J. Archaeol. Sci.*, vol. 37, no. 12, pp. 3030–3036, 2010.
 - [56] I. D. Rohanová and H. Sedláčková, “Venetian Filigrana Glass and Its Imitations Made in Central Europe : Composition of a Typology and a Chemical Composition,” *J. Glas. Stud.* 57, vol. 57, pp. 295–309, 2015.
 - [57] A. T.- Ramos, A. Lima, T. Medici, A. Pires de Matos, L. Pichon, and B. Moignard, “Study and Analysis of 17th century filigrana glass fragments from the Monastery of Sta. Clara-a-Velha, Portugal,” in *18th congress of the Association Internationale pour l’Histoire du Verre*, 2009.
 - [58] S. Cagno, L. Favaretto, M. Mendera, A. Izmer, F. Vanhaecke, and K. Janssens, “Evidence of early medieval soda ash glass in the archaeological site of San Genesio (Tuscany),” *J. Archaeol. Sci.*, vol. 39, no. 5, pp. 1540–1552, 2012.
 - [59] D. Brems and P. Degryse, “Trace element analysis in provenancing Roman glass-making,” *Archaeometry*, vol. 56, no. SUPPLS1, pp. 116–136, 2014.
 - [60] S. Cagno, M. Brondi Badano, F. Mathis, D. Strivay, and K. Janssens, “Study of medieval glass fragments from Savona (Italy) and their relation with the glass produced in Altare,” *J. Archaeol. Sci.*, vol. 39, no. 7, pp. 2191–2197, 2012.
 - [61] C. M. Jackson, “Compositional analysis of the Gnalić glass,” in *The Glass from the Gnalić Wreck*, I. Lazar and H. Willmott, Eds. Koper: Univerza na Primorskem, 2006, pp. 87–95.
 - [62] M. Verità and I. Biron, “Enamels on venetian renaissance glass. An analytical and technical approach,” *Glas. Technol. Eur. J. Glas. Sci. Technol. Part A*, vol. 57, no. 6, pp. 177–190, 2015.

- [63] V. Gedzevičiute, N. Welter, U. Schüssler, and C. Weiss, "Chemical composition and colouring agents of Roman mosaic and millefiori glass, studied by electron microprobe analysis and Raman microspectroscopy," *Archaeol. Anthropol. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–29, 2009.
- [64] P. Ricciardi, P. Colomban, A. Tournie, and V. Milande, "Nondestructive on-site identification of ancient glasses: Genuine artefacts, embellished pieces or forgeries?," *J. Raman Spectrosc.*, vol. 40, no. 6, pp. 604–617, 2009.
- [65] M. Verità and I. Biron, "Analytical investigation on Renaissance Venetian enamelled glasses from the Louvre collections," *J. Archaeol. Sci.*, vol. 39, no. 8, pp. 2706–2713, 2012.
- [66] M. Tite, T. Pradell, and A. Shortland, "Discovery, production and use of tin-based opacifiers in glasses, enamels and glazes from the Late Iron Age onwards: A reassessment," *Archaeometry*, vol. 50, no. 1, pp. 67–84, 2008.
- [67] B. Gratuze, "Glass Characterisation Using Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Methods," in *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, K. Janssens, Ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2013, pp. 201–234.
- [68] R. H. Brill, *Chemical analysis of Early Glasses*, V. 2, The. Corning: The Corning Museum of Glass, 1999.
- [69] M. Hulst and J. Kunicki-Goldfinger, "The golden age of Amsterdam glass. A chemical and typological approach to recognize Amsterdam 17th century glass production," in *20th congress de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, 2015, pp. 547–553.
- [70] H. J. M. Wouters and C. Fontaine, "The large Catalan ewer from the glass museum of Liège (second half of the 16th century - beginning of the 17th century): restoration and scientific analysis," in *Annales of the 17th congress de l'Association Interntionale pour l'Histoire du Verre*, 2009, pp. 547–553.
- [71] I. Lazar and H. Willmott, *The Glass from the Gnalić Wreck*. Koper: Univerza na Primorskem: Annales Mediterranea, 2006.
- [72] S. Ulitzka, "Analysen von historischen Gläsern – Licht im Dunkel der Geschichte?," in *Theuerkauff- Liederwald, A. (ed.). Venezianisches Glas der Kunstsammlungen der Veste Coburg. Die Sammlung Herzog Alfreds von Sachsen – Coburg und Gotha (1844-1900). Venedig á la façon-de-Venise, Spanien, Mitteleuropa.*, Lingen: Luca verlag, 1994, pp. 40–53.

7 Anexos

7.1 Anexo I – Localização geográfica do sítio arqueológico



Figura 7.1: A) mapa de Portugal; B) fotografia das escavações (Banha da Silva et al., 2012, p. 73); C) fotografia do início do século XX

Coordenadas: 38° 42' 4.74" N 9° 7' 41.26" W

7.2 Anexo II – Descrição da produção de vidro filigranado

Produção de canas

Canna a fili

Em três camadas: Para se obter a cana de vidro com três camadas, o vidreiro usa uma cana de sopro e uma mesa plana para moldar uma porção de vidro incolor, que se destina à camada incolor do núcleo, em forma de cilindro. De seguida, cobre-a com uma camada de vidro branco ao mergulhar o cilindro com a primeira camada de vidro incolor num cadinho com vidro branco fundido. De seguida molda a forma para que volte a receber outra camada de vidro incolor formando a camada exterior, com o mesmo método da camada de vidro branco atrás descrito. Outro vidreiro fixa outro pontel na extremidade oposta à da cana e deslocam-se em direções opostas para alongar a forma e criar canas longas e finas. Depois de arrefecerem, são então cortadas em pequenas secções de tamanhos idênticos [2, 31, 48].

Canna a retortoli

Decoração externa

Sem molde: são colocadas longitudinalmente e equidistantes várias canas, por norma em número ímpar, de *canna a fili*, numa superfície plana. O vidreiro recolhe as canas com uma porção de vidro

incolor, conferindo um núcleo de vidro incolor à cana, e molda-a até formar um cilindro e as canas estarem embebidas no vidro incolor. Outro vidreiro fixa um pontel à outra extremidade da bolha e afasta-se ao mesmo tempo que torcem em direções opostas, causando torções dos fios do seu interior, formando uma cana longa e fina que é cortada em secções de tamanho idêntico depois de arrefecida [31].

Com molde, as *canna a fili* são colocadas nas caneluras de um molde em forma de estrela, com a ajuda de uma cana de sopro era colocada a quantidade necessária de vidro incolor no interior do molde para recolher as canas. Esta massa de vidro já com as canas é depois modelada em forma de cilindro criando uma superfície homogénea com os diferentes elementos fundidos entre eles. O restante processo é exatamente igual ao descrito na produção de *canna a rete* sem molde [31, 33].

Decoração interna:

Outra forma de *canna a retortoli* é a decoração interna, neste caso, ao contrário do grupo anterior, a cana é formada por uma cana de vidro incolor com inúmeras canas brancas torcidas no seu centro. Estas eram colocadas lado a lado numa superfície plana. Depois de recozidas, as canas fundiam-se entre elas formando uma placa única, a qual era posteriormente coberta com vidro incolor. Esta bolha de vidro era modelada em forma de cilindro permitindo dois vidreiros, com o auxílio de canas de sopro puxarem e torcerem em direções opostas à semelhança da decoração externa. A aparência desta cana é de pequenos balões, facto que originou então o nome *canna a ballotini* (figura 1.3.f.) [31, 48, 50].

Vetro a reticello

Mais uma vez, a *canna a fili* é a base desta técnica e pode ser trabalhada de duas formas conhecidas até hoje. Primeiramente é feita uma bolha de *canna a fili* com a técnica antes descrita para objetos de uma camada, que é aberta e torcida para obter um padrão espiralado formando linhas diagonais, designada *la femmina* (a fêmea). Esta será uma das paredes do objeto. Depois desta estar estabilizada está pronta para receber, no seu interior, a segunda bolha de vidro produzida como a primeira, mas com as diagonais na direção oposta, designada *il maschio* (o macho), que é soprada até as duas paredes se fundirem formando um objeto com duas camadas de vidro. Outro parâmetro que caracteriza esta técnica são as bolhas de ar visíveis criadas pelo relevo das canas que originam um espaço oco quando as duas camadas se juntam [2, 4, 14, 31, 33, 50].

Outro método para alcançar este tipo de vidro filigranado distingue-se do anterior somente por pelo menos uma das camadas ser obtida por meio da técnica de duas camadas o que resulta numa superfície plana sem canas relevadas. Desta forma, não existem bolhas de ar entre as canas [30, 31, 50].

Nas diferentes formas, depois das duas camadas estarem devidamente formadas e fundidas, o objeto trabalha-se como qualquer outro [31].

Produção de objetos:

Objetos de vidro filigranado de uma camada:

Quando o vidro filigranado é composto apenas por uma camada (figura 1.4.a) significa que a parede do objeto é constituída somente por canas. Ou seja, as canas são colocadas lado a lado e fundidas umas às outras formando uma placa única para que o vidreiro recolha as canas numa das extremidades usando uma base de vidro incolor e incandescente de forma circular que, por sua vez, está fixa à cana de sopro até que a parede de canas forme um cilindro. Para fazer uma bolha que permita que seja trabalhada é fechada a abertura do cilindro as terminações das canas descartadas [31, 48, 50].

Objetos de vidro filigranado de duas camadas:

Segundo a literatura, existem duas formas possíveis de obter objetos compostos por duas camadas, ou seja, uma camada somente de canas e uma camada de vidro incolor (figura 1.4.b):

I – No primeiro método são colocadas canas numa superfície de uma forma organizada. Após reaquecidas com o objetivo de criar uma placa de vidro única, faz-se passar uma bolha oca de vidro sobre as mesmas surgindo assim o cilindro. A partir daqui já é possível trabalhar o objeto [31, 48, 50].

Uma segunda vertente deste método distingue-se pela camada de canas que já não é uma parede completa, mas sim canas com espaço entre si. Existem duas formas de produzir este tipo, sendo que a primeira se inicia com o posicionando devido das canas numa superfície plana para poderem ser recolhidas por uma bolha de vidro incolor. Havendo o risco das canas se deslocarem indevidamente neste movimento, era possível a utilização de uma estrutura que, não só mantivesse as canas no sítio correto, como também garantisse que o intervalo entre elas fosse o mesmo durante todo o processo [31, 50]. Também era possível recorrer a um molde vertical (assim como era usado para fazer *canna a retortoli*), onde as canas são colocadas nas caneluras verticais do molde. De seguida o vidreiro recolhe as canas soprando uma bolha de vidro no seu interior fundindo as canas na mesma de forma a poder trabalhar o objeto posteriormente [31, 33, 50].

Estas duas formas de fazer nem sempre são distinguíveis uma da outra, pois dependerá do trabalho empregue a cada objeto e à própria experiência do vidreiro.

II – O segundo método reúne dois dos métodos anteriores, ou seja, primeiro é feita uma parede de canas (como no método de objeto de uma camada) e só depois é soprado para o seu interior uma bolha de vidro criando uma camada de vidro extremamente fina [31].

Outra forma de produção de objetos em filigrana:



Figura 7.2: *Mezza a filigrana* (Laméris, p. 44-45 [31])

Mezza a filigrana:

Denomina-se por *mezza a filigrana* (significa, literalmente, meia filigrana) por, apenas parte do objeto se encontrar decorado com canas (figura 7.2.1.) Esta técnica origina um padrão interessante uma vez que combina canas com diferentes orientações (horizontal e vertical).

Neste tipo as canas são posicionadas de uma forma muito específica para permitir que o objeto seja composto por um corpo de vidro incolor com canas verticais que irradiam a partir do centro e uma cana horizontal por cima destas, composta por canas normalmente duas *canna a fili* separadas por uma *canna a rete*. Neste caso é perfeitamente visível o início e o fim da cana assim como é bastante notável a saliência das mesmas. Por norma, os objetos feitos a partir desta técnica têm o pé/base feitos por uma bolha de vidro envolvida por várias canas como o método I [14, 31].

7.3 Anexo III – Catálogo

7.3.1 Descrição pormenorizada do conjunto em estudo

Tabela 7.1: Descrição pormenorizada do conjunto dos fragmentos em estudo.

Nº de inventário	localização no objeto	nº de camadas	Cana								Vidro base				Estado de Conservação (ver tabela 7.3)
			tipo de cana	dimensão da cana (mm)	saliência	nº de fios por cana	espessura dos fios (mm)	Desenho dos fio (S/Z)	Núcleo incolor	homogeneidade	tonalidade	acabamento da superfície	espessura (mm)	dimensões (mm) alt*larg	
LCD0027	gargalo	2	<i>canna a fili</i>	/	3	/	0,2	/	Não	sim	acinzentado translúcido	brilhante com bolhas	1,2	32x23	2
			<i>vetro a retortoli: canna a rete</i>	/	3	10	2	S	Não	sim					
LCD0037a	bordo	2	<i>canna a retortoli: uma banda fios</i>	11	1	12	0,9 a extremamente fino	/	Não	ilusão ótica de um fio mais fino para menos fino	acinzentado translúcido	brilhante	1,41	23x38	1
LCD0037b	bordo	2	<i>canna a fili</i>	/	1	/	3	S	Sim	/			1,34	20x19	
LCD0038	/	2	<i>vetro a retortoli: duas bandas e dois fios</i>	9	4	2 fios + 2 bandas	fio: 0,2; banda: 2,5	S	Não	sim	inc transl	brilhante	0,3	13x15	3
LCD0048	base	2	<i>vetro a fili</i>	6 a 8	5	/	3,5 a 5,5	/	sim	não, irregular, não equidistantes, tamanhos muito diferentes	cinzento escuro	baço áspero	48	16x37	3
LCD0055	base	2	<i>vetro a reticello</i>	/	2	/	1	/	não	sim	inc transl	ligeiramente baça	1,57	14x28	1,5
LCD0066	base	2	<i>vetro a fili</i>	2	3	/	1,1	/	Sim	ligeiramente de larguras diferentes	acinzentada	brilhante	2,74	32x42	1
LCD0067	Fundo da copa	2	<i>canna a fili</i>	/	3	/	1	/	Não	sim	inc transl	brilhante	3,89	15x19	1,5
			<i>canna a retortoli: canna a rete</i>	/	3	8	0,5	S	Não						
LCD0068	/		<i>Canna a fili</i>	/	1	/	4 a 6	/	Sim	/	inc transl	ligeiramente rugosa	0,8	23x21	1
LCD0069	/	2	<i>canna a fili</i>	/	1	/	1	/	Não	sim	acinzentado translúcido	brilhante com bolhas	1,04	1x18	1
			<i>canna a retortoli: canna a rete</i>	/	1	8	0,1 a 0,9	S	Não	sim					
LCD0070	/	2	<i>vetro a fili</i>	/	1	/	2	/	sim	sim	inc transl	ligeiramente baça	0,97	19x18	1
LCD0071	/	2	<i>vetro a fili</i>	/	1	/	2,5	/	sim	tamanhos diferentes e não equidistantes	acinzentada	baço áspero	3,5	24x29	3
LCD0072	/	2	<i>canna a fili</i>	3,5	1	/	1,9	/	/	sim	acinzentada	brilhante opaco	2,62	12x19	4
			<i>canna a retortoli: canna a rete</i>	3	2/3			S	/	sim					
LCD0073	/	2	<i>canna a fili</i>	3	1	/	2	/	sim	sim	inc transl	ligeiramente baça	0,54	19x27	2
			<i>canna a retortoli: canna a rete</i>	/	1	7?	0,2 a 1	/	não	sim					
LCD0074	gargalo	2	<i>canna a fili</i>	/	3	/	1	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar com bolhas	0,98	36x46	5
			<i>canna a retortoli: canna a rete</i>	2	3	/	extremamente finos	/	não						
LCD0075	/		<i>canna a fili</i>	/	3	/	0,5	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar	0,6	20x23	5
			<i>canna a retortoli: canna a rete</i>	3	3	/	extremamente finos	/	não						
LCD0076	/	2	<i>vetro a fili</i>	6	3	/	4,5	/	Sim	sim	inc transl	brilhante com bolhas	0,98	28x24	2
LCD0077	/	2	<i>canna a rete</i>	9	1	10	0,1	S	não	Sim			0,6	24x15	2
LCD0078	base	4	<i>vetro a fili</i>	4 a 5	1	/	2 a 3,5	/	Sim	pouco	acinzentado opaco	iridescente	2,4	16x43	4
LCD0079	base	4	<i>vetro a fili</i>	/	1	/	3 a 5	/	Sim	muito pouco			2,6	12x22	3
LCD0080	base	/	<i>vetro a fili</i>	/	1	/	8	/	Sim	/	acinzentado	ligeiramente opaco	2,4-8,4	22x32	2
LCD0081	bordo	2	<i>vetro a fili</i>	/	3	/	1	/	sim	pouco equidistantes	acinzentada translúcida	baço	2,03	12x19	1
LCD0082	/	2	<i>vetro a fili</i>	/	3	/	2,2	/	sim	sim	inc transl	baço áspero	0,85	21x17	1
LCD0083	/	2	<i>canna a fili</i>	7	/	/	1,5	/	não	Sim	ins transl	Iridescente e brilhante	0,66	27x28	1
			<i>canna a retortoli: canna a rete</i>	/	/	/	0,8	/	não	Sim					

Nº de inventário	localização no objeto	nº de camadas	Cana								Vidro base				Estado de Conservação (ver tabela 7.3)
			tipo de cana	dimensão da cana (mm)	saliência	nº de fios por cana	espessura dos fios (mm)	Desenho dos fio (S/Z)	Núcleo incolor	homogeneidade	tonalidade	acabamento da superfície	espessura (mm)	dimensões (mm) alt*larg	
LCD0084	/	2	canna a retortoli: canna a rete	16	1	9	0,5 A 1	S	Não	Pouco	Inc. trans,	Brilhante	0,63	21x18	1
LCD0085	/	2	vetro a fili	/	2	/	0,1 a 0,3	/	sim	não	acinzentada	brilhante	1,7	7x9	1
LCD0086	bordo	2	vetro a fili	/	4	/	0,8	/	sim	sim	acinzentada	baça	1,3	12x9	2
LCD0087	/	2	canna mista	/	1	20?	0,5	S	não	sim	acinzentada	baça	1,8	9x15	2
LCD0088	/	3	vetro a fili	5	1	/	4	/	sim	sim	acinzentada	baça	2,3	14x12	2
LCD0089	/	3	vetro a fili	/	1	/	1,1	/	sim	sim	acinzentada	baça	2,6	12x9	2
LCD0090	/	2	canna a retortoli: canna a rete	/	3	/	1	/	não	/	incolor	baça iridescente a destacar	0,9-2	37x24	5
LCD0091	copa	2	canna a fili	4	3	/	3	/	sim	pouco	inc transl	brilhante e rugosa	1,8	12x13	2
			canna a retortoli: canna a rete	3	3	?	0,4	/	não	sim					
LCD0092	/	2	vetro a fili	/	4	/	2 a 3,5	/	sim	sim	azulado transl	brilhante	1,5	13x15	1
LCD0093	base	4	vetro a fili	3 a 4	4/5	/	1,5 a 2,5	/	sim	sim	azulado	iridescente baço	2,7	11x17	4
LCD0094	/	2	canna a fili	/	1	/	/	/	sim	sim	inc transl	ligeiramente baça	0,6	14x35	2
			canna a retortoli: canna a rete	19	1	8	1 a 1,5	S	não	sim					
LCD0095	/	2	canna a retotoli: canna a rete	/	1	/	1,5	/	não	sim	inc transl	ligeiramente baça	0,4	12x16	2
LCD0096	/	2	canna a fili	3 a 6	1	/	2 a 3	/	sim	sim	inc transl	ligeiramente baça	1	20x39	2
			canna a retotoli: canna a rete	4 a 8	1	8	0,5 a 1	S	não	sim					
LCD0097	gargalo	2	canna a fili	/	3	/	0,6	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar	1,4	29x29	5
			canna a retortoli: canna a rete	1	3	/	extremamente finos	/	não						
LCD0098	/	2	canna a fili	/	3	/	0,5	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar	1,5	21x33	5
			canna a retortoli: canna a rete	2	3	/	/	/	não						
LCD0099	/	2	canna a fili	2	3	/	1	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar	0,67	27x23	5
			canna a retortoli: canna a rete	4	3	/	extremamente finos	/	não						
LCD0100	/	2	canna a fili	2	1	/	/ ñ dá para ver	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar	0,5	19x27	5
			canna a retortoli: canna a rete	/	1	/	extremamente finos	/	não						
LCD0101	/	2	canna a fili	/	3	/	1,2	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar	0,47	20x29	5
			canna a retortoli: canna a rete	3	3	/	extremamente finos	/	não						
LCD0102	/	2	canna a fili	/	1	/	1	/	não	sim	inc transl	iridescente e a destacar	0,9	33x28	5
			canna a retortoli: canna a rete	2	1	/	extremamente finos	/	não						
LCD0103	/	2	canna a fili	/	1	/	/	/	não	/	inc transl	iridescente e a destacar	0,4	10x8	5
			canna a retortoli: canna a rete	/	1	/	/	/	não						
LCD0104	/	2	canna a fili	/	1	/	1	/	não	sim	acinzentada translúcida	brilhante com bolhas	1,4	6x17	1
			canna a retortoli: canna a rete	/	1	/	0,1 a 0,9	S	não	sim					
LCD0105	/	2	canna a fili	/	4	/	1	/	não	sim	acinzentado translúcido	brilhante com bolhas e iridescente	1,7	17x25	2
			canna a retortoli: canna a rete	/	4	10	3	S	não	sim					

/ - não aplicável

Tabela 7.2: Escala de saliência das canas, fonte própria, criados com base nos fragmentos em estudo e adaptados aos mesmos.

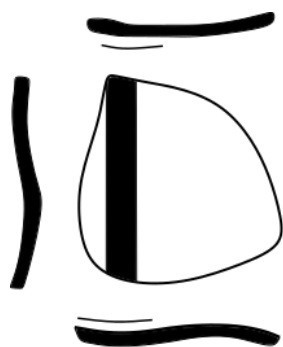
Escala		Descrição
1	<i>Nada</i>	A superfície é completamente lisa, mesmo nas áreas com decoração
2	<i>Ligeira</i>	A superfície já apresenta alguma saliência (até 0,5 mm)
3	<i>Pouco</i>	Existe saliência, mas apenas perceptível com o tato
4	<i>Média</i>	A saliência já se começa a notar a olho nu
5	<i>Muito</i>	O relevo das canas é perfeitamente visível a olho nu

Tabela 7.3: Escala de estado de conservação, fonte própria, criados com base nos fragmentos em estudo e adaptados aos mesmos

Escala		Descrição
1	<i>Muito bom</i>	Superfície translúcida e brilhante
1,5		Superfície translúcida e brilhante, mas ligeiramente corroída
2	<i>Bom</i>	Superfície ligeiramente fluorescente/ baço
3	<i>Razoável</i>	Vidro não translúcido
4	<i>Mau</i>	Superfície muito corroída/ fluorescente, mas ainda deixa ver as canas
5	<i>Muito mau</i>	Muita fluorescência e material em destacamento. Neste nível o padrão das canas é já impercetível

7.3.2 Desenho arqueológico

Os desenhos arqueológicos que se seguem correspondem unicamente aos fragmentos analisados quimicamente. Procedeu-se à documentação fotográfica e à amostragem dos mesmos antes da realização do desenho arqueológico pelo que podem não corresponder na sua forma inteira à imagem da fotografia.



LCD0037b



LCD0038



LCD0068



LCD0069



LCD0070



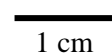
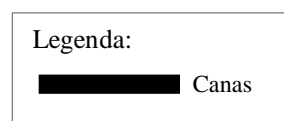
LCD0071

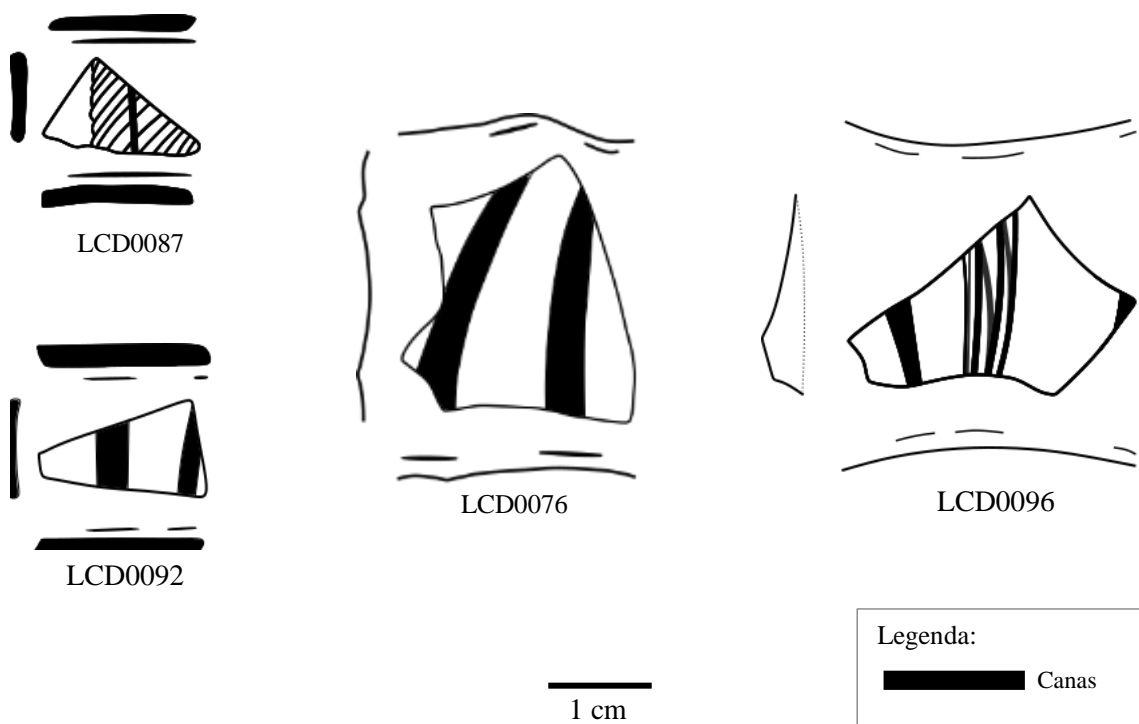


LCD0072

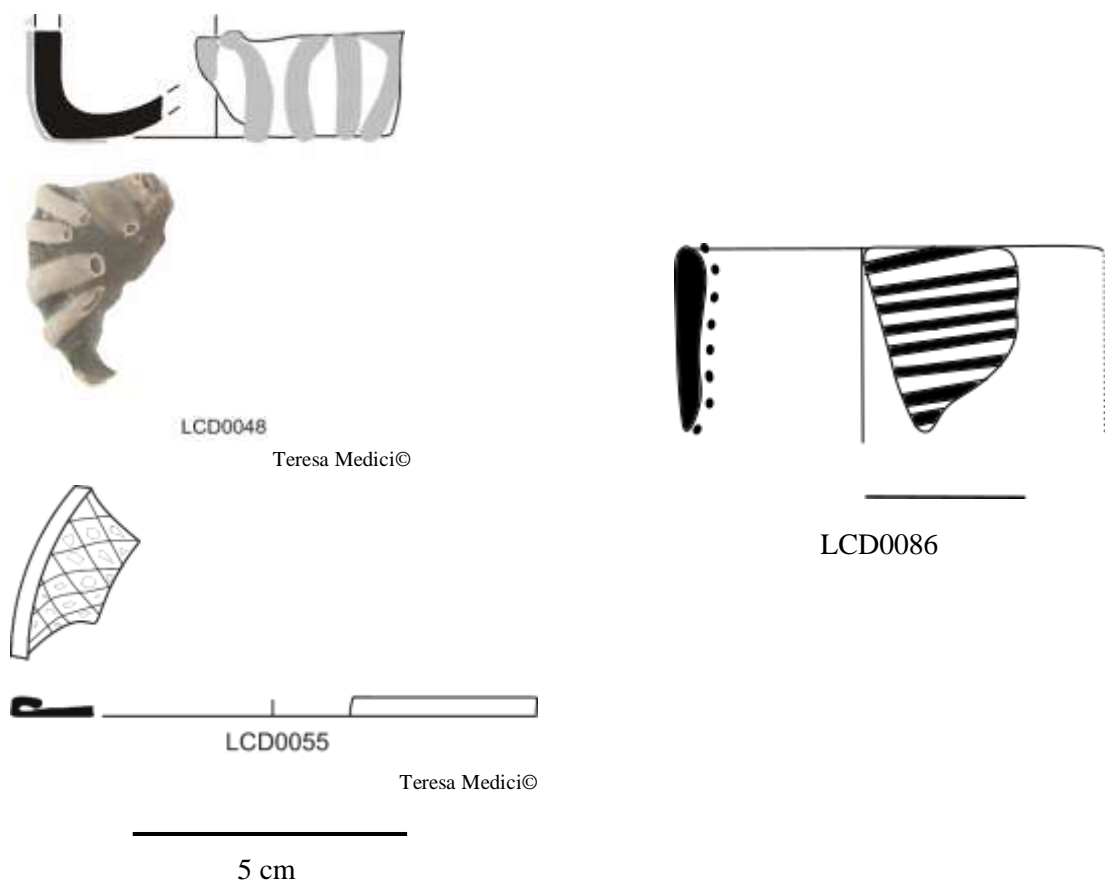


LCD0075

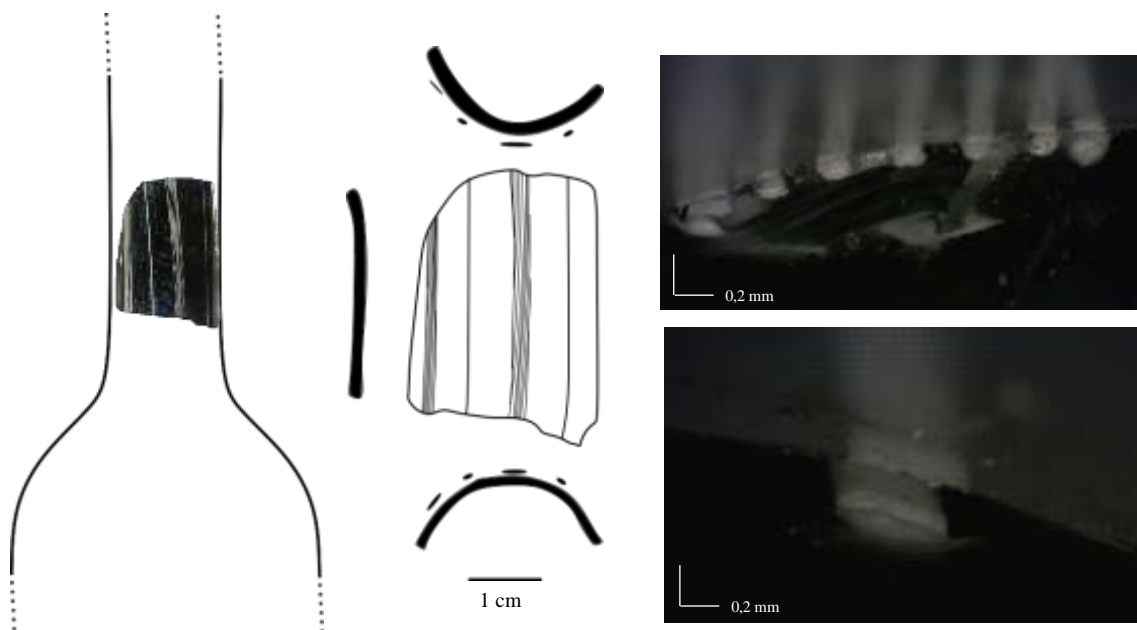




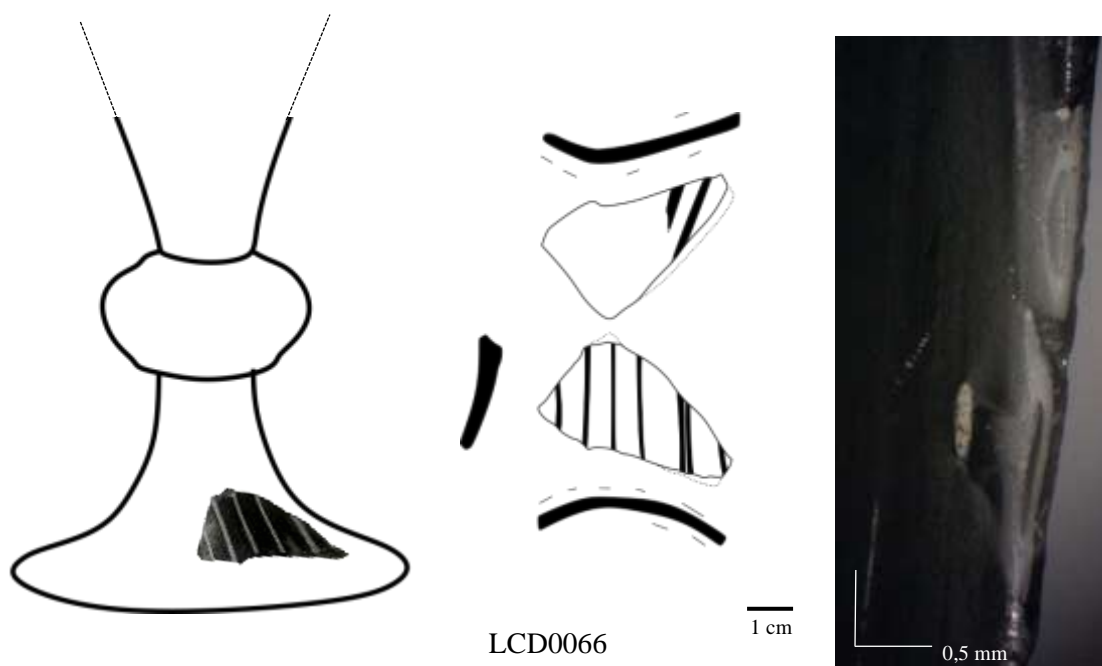
Fragmentos com localização no objeto:



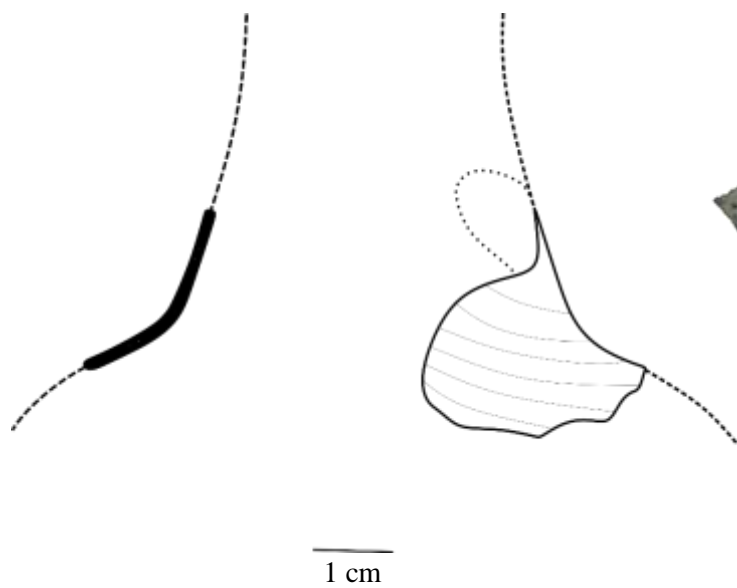
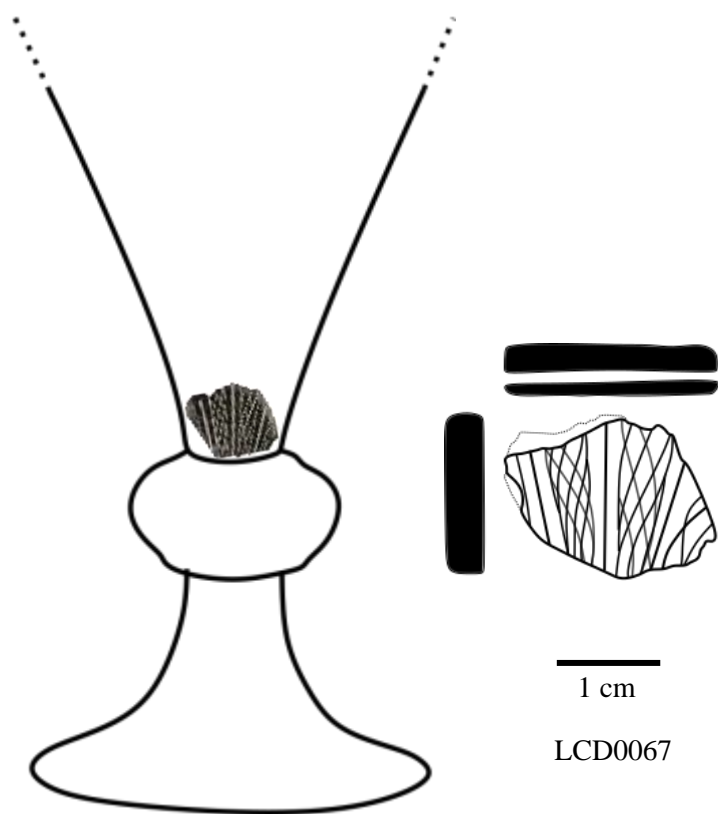
Fragmentos com possível localização no objeto:



LCD0027

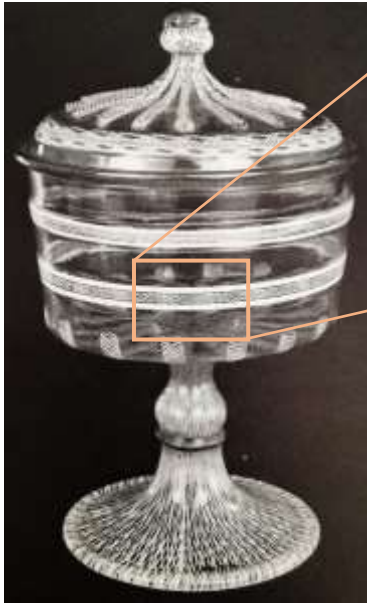


LCD0066

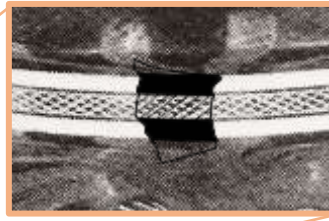


LCD0074

LCD0074: Canas meramente representativas devido à sua difícil legibilidade

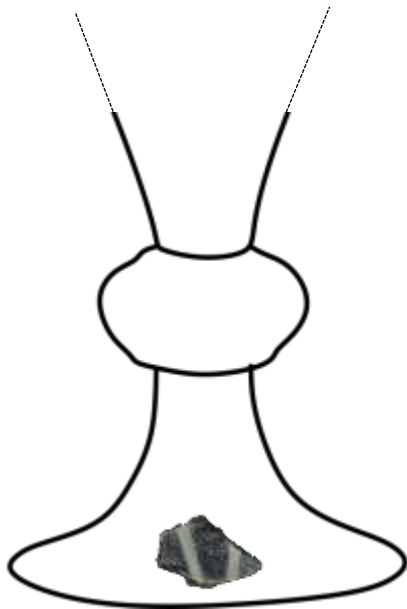


Mezza a filigrana. 18,5 cm. Museu Britânico, Londres. Klein & Lloyd, p. 77 [13]



LCD0091

1 cm

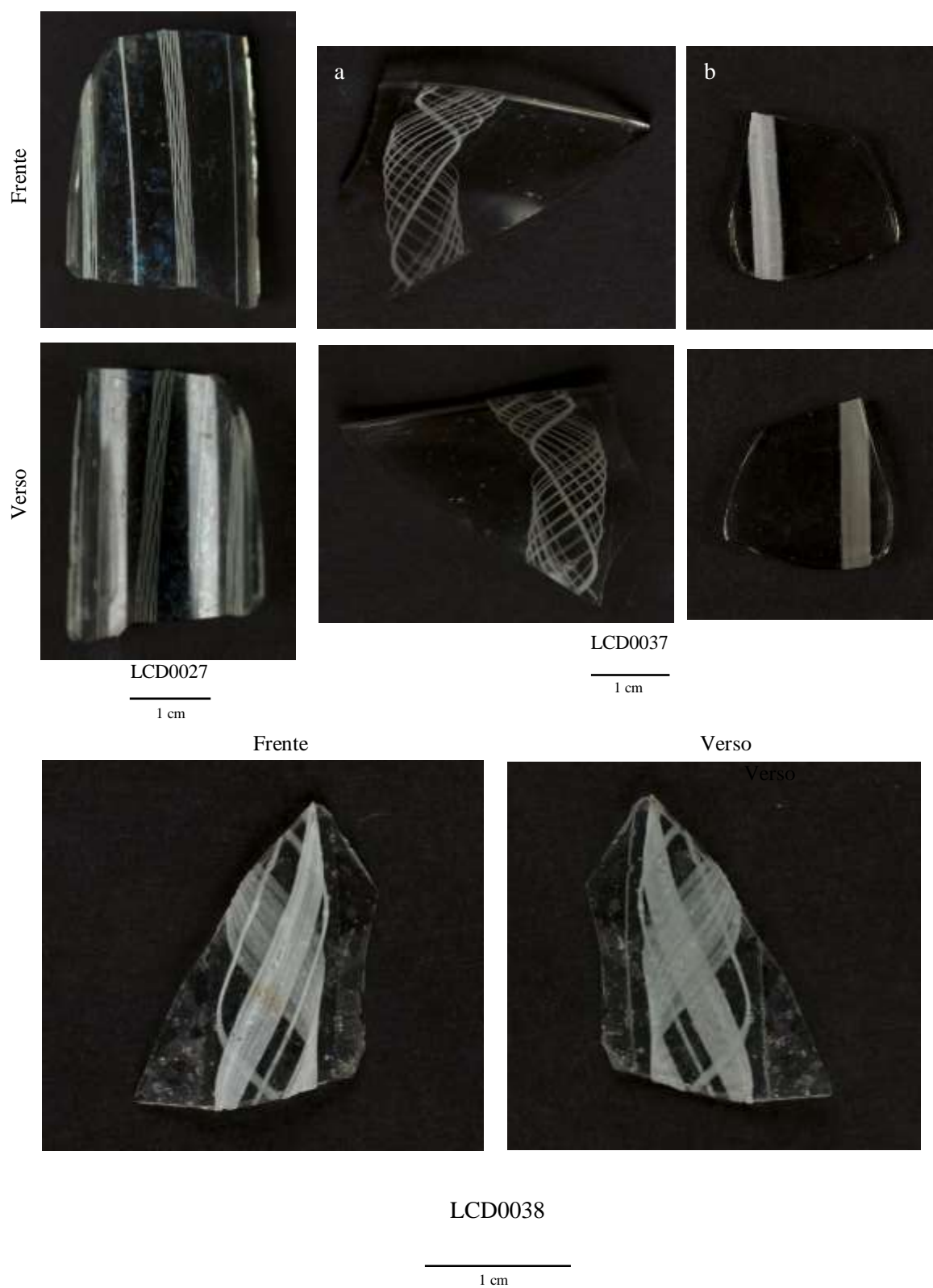


LCD0093

1 cm



7.3.3 Documentação fotográfica⁹



⁹ As fotografias foram tiradas com o auxílio da aluna de ICR I, Cristiana Prada.

Vista de baixo



Vista de cima



LCD0048

1 cm

Vista de cima



Vista de baixo



LCD0055

1 cm

Vista de cima



Vista de baixo



LCD0066

1 cm

Frente



Verso



LCD0067

1 cm

LCD0068

1 cm

LCD0069

1 cm

Frente



Verso



LCD0070

1 cm

LCD0071

1 cm

LCD0072

1 cm

Frente



Verso



LCD0073

1 cm



LCD0074

1 cm

Frente



Verso



LCD0075

1 cm



LCD0076

1 cm



LCD0077

1 cm



LCD0078

1 cm

LCD0079

1 cm

LCD0080

1 cm



LCD0081

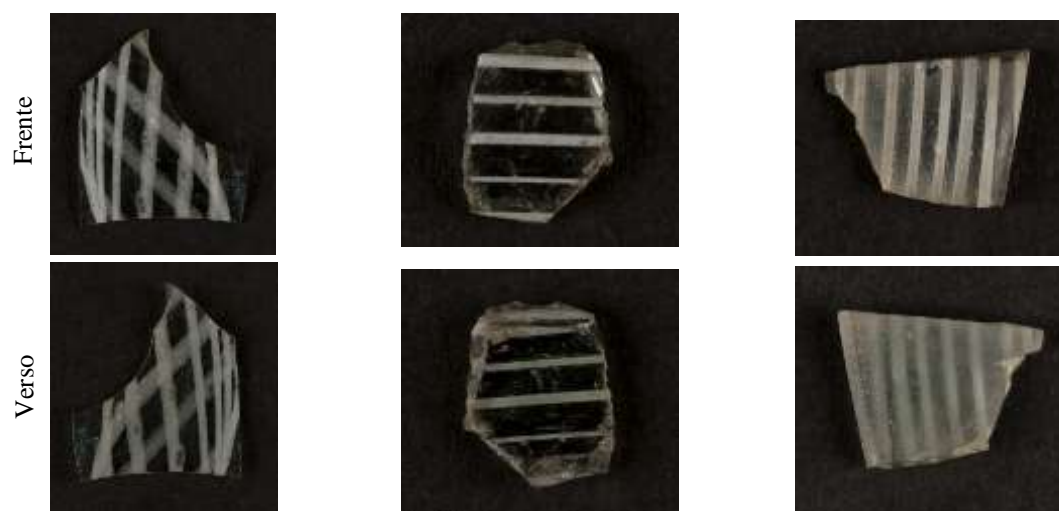
1 cm

LCD0082

1 cm

LCD0083

1 cm



LCD0084

1 cm

LCD0085

1 cm

LCD0086

1 cm

Frente



Verso



LCD0087

1 cm

LCD0088

1 cm

LCD0089

1 cm

LCD0090

1 cm

Frente



Verso



LCD0091

1 cm

LCD0092

1 cm

LCD0093

1 cm

LCD0095

1 cm

Frente



Verso



LCD0094

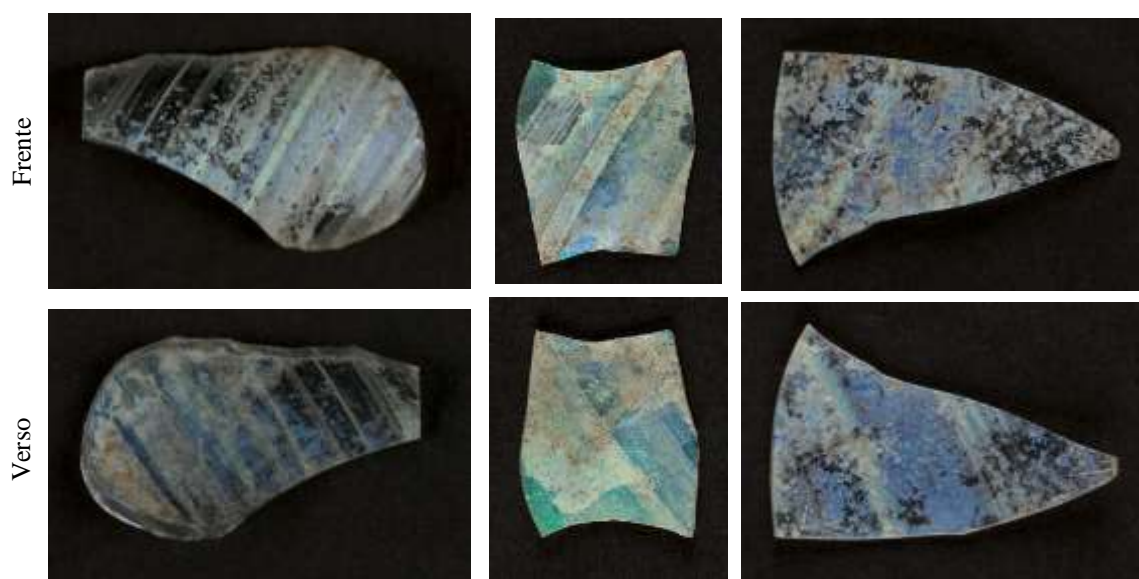
1 cm

LCD0096

1 cm

LCD0097

1 cm



LCD0098

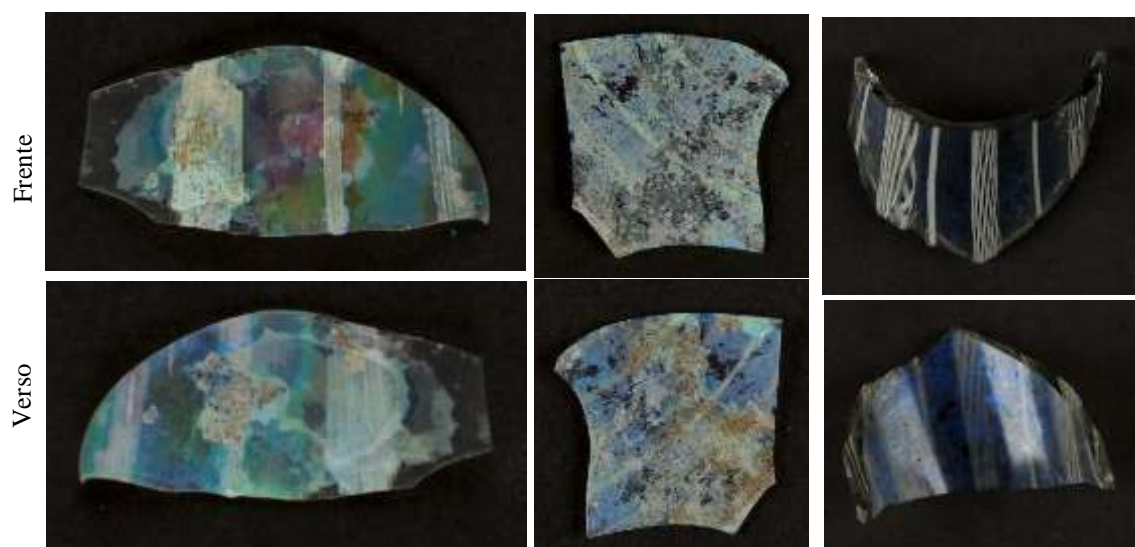
1 cm

LCD0099

1 cm

LCD0100

1 cm



LCD0101

1 cm

LCD0102

1 cm

LCD0105

1 cm



LCD0103

1 cm



LCD0104

1 cm

7.4 Anexo IV – Condições de análise

Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente com ablação a laser - LA-ICP-MS

A análise por espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente com ablação a laser foi realizada na secção transversal do vidro incorporado em resina epoxídica. O sistema de ablação utilizado consiste num laser de excímero Resonetics M50E a 193 nm acoplado a um espectrómetro de massa Thermo Fisher Scientific ELEMENT XR. O equipamento utilizado localiza-se no *National Centre os Scientific Reserarch* (CNRS) em Orleães, França (IRAMAT-CEB, CNRS/Orlèans Univ, France). O laser foi operado a 5 mJ com uma taxa de repetição de 10 Hz. Análises pontuais foram realizadas com um diâmetro de 100 μm para o vidro transparente e ajustadas ao tamanho da cana branca da filigrana. Utilizou-se um tempo de pré-ablação de 15 segundos e um tempo de aquisição de 25 segundos foram definidos. A calibração e cálculo foram realizadas de acordo com o protocolo analítico descrito por Gratuze [67]. Para validar os resultados das concentrações obtidos, o padrão de referência de vidro CMOG A (Corning Museum of Glass A) também é analisado como uma amostra desconhecida (Tabela 7.4).

A amostragem permitiu a análise dos vidros sem corrosão, ao contrário do que aconteceria na análise à superfície do vidro. Para remoção das amostras teve de se ter em conta o local a retirar pois havia a preferência de se conseguir alcançar todas as camadas de vidro possíveis. As amostras com cerca de 2-4 mm^2 foram cortadas a seco com um fio de diamante, colocadas em corte transversal em resina epoxídica e polidas com lixas Micro-Mesh® com granulometrias até 4000.

Emissão de raio-X induzido por partículas - μ -PIXE

Dada a pequena dimensão dos fragmentos analisados por esta técnica analítica não houve remoção de amostra, mas houve o cuidado do polimento de uma área da superfície a analisar, de forma a remover camadas de corrosão, minorando assim os efeitos destas na análise.

Os fragmentos foram fixos no porta-amostras com fita adesiva e analisados em feixe interno. Os mapas de distribuição foram obtidos com uma microsonda nuclear, com um feixe de 1 e 2 MeV produzido por um acelerador de Van de Graaff de 20,5 MV, as medições de PIXE foram realizadas em condições de feixe externo utilizando a microsonda nuclear de varrimento instalada no IST/CTN. O varrimento da superfície foi de 800x800 μm^2 . O detetor utilizado foi de raios-X Bruker SDD com 30 mm^2 de área ativa e janela de Be com 8 μm de espessura.

Para a realização da análise quantitativa recorreu-se ao programa Gupixwin, usando como referência os padrões CMOG B e C.

Espectroscopia de Raman

Os espectros Raman foram adquiridos num espectrómetro Labram 300 Jobin Yvon equipado com um laser He-Ne com uma potência de 50 mW, operando a 532 nm. O laser foi focado com uma lente Olympus 50x ou 100x. A potência do laser foi filtrada a 10% com o auxílio de um conjunto de filtros de densidade neutra. As análises foram realizadas em corte transversal da amostra.

Espectroscopia de absorvância de UV-Visível (UV-Vis)

Os espectros de absorvância de UV-Vis foram medidos com um espectrómetro de fibra ótica Avantes AvaSpec-2048. É um espectrómetro de fibra ótica que opera entre os 200 e 800 nm com 300 linhas/mm. O instrumento possui uma resolução FWHM de 2,4 nm. A luz transmitida foi medida usando uma sonda de transmissão de 200 μm (Avantes FC-UV600-2).

7.5 Anexo V – Composições dos vidros filigranados em estudo

Tabela 7.4: Composição química das diferentes camadas dos fragmentos de vidro filigranado em estudo.

Fragmentos	Na₂O m/m%	MgO m/m%	Al₂O₃ m/m%	SiO₂ m/m%	P₂O₅ m/m%	Cl m/m%	K₂O m/m%	CaO m/m%	TiO₂ m/m%	MnO m/m%	Fe₂O₃ m/m%	As₂O₃ μg/g	SnO₂ m/m%	PbO m/m%
LCD0027_branco	8,9	1,3	2,8	34,0	0,2	2,2	3,5	3,9	0,2	0,1	0,5	37,6	28,2	13,8
LCD0027_corpo	15,8	3,1	5,5	58,2	0,4	0,9	5,5	8,6	0,3	0,5	0,9	142,4		
LCD0027_ext_cana	15,7	3,1	5,4	58,6	0,4	0,9	5,4	8,5	0,3	0,5	0,9	132,2		
LCD0027_nucleo	15,7	3,1	5,5	58,3	0,4	0,9	5,4	8,6	0,3	0,5	0,9	135,7		
LCD0037b_branco	13,4	2,0	4,1	48,2	< 0,08	0,9	3,9	3,8	0,1	0,2	0,5	<2495	13,3	8,7
LCD0037b_corpo	16,7	2,7	5,7	57,9	0,3	0,9	6,1	7,2	0,3	0,5	1,0	134,8		
LCD0037b_ext_cana	14,4	2,7	7,1	62,7	0,3	0,8	5,1	5,2	0,2	0,3	0,7	92,2		
LCD0037b_nucleo	1,2	1,3	8,5	81,0	0,5	0,3	3,2	2,0	0,3	0,1	1,1	110,1		
LCD0038_branco	9,6	1,3	0,6	47,5	0,4	1,0	1,9	4,1	0,0	0,5	0,5	245,6	13,8	18,7
LCD0038_corpo	19,2	2,3	1,8	66,0	0,6	1,3	3,1	4,2	0,1	0,4	0,8	71,1		
LCD0038_nucleo	19,2	2,6	2,5	64,9	0,5	1,2	2,7	4,4	0,1	0,5	1,2	91,3		
LCD0048_branco	7,4	1,7	2,5	40,8	0,2	0,5	6,0	4,0	0,1	0,2	0,5	77,7	11,9	24,0
LCD0048_corpo	12,3	3,2	4,9	58,3	0,3	0,6	10,2	8,2	0,3	0,5	0,9	156,9		
LCD0048_ext_cana	12,3	3,2	4,9	58,4	0,3	0,6	10,2	8,2	0,3	0,5	0,9	147,3		
LCD0048_nucleo	12,3	3,2	4,9	58,5	0,3	0,6	10,2	8,2	0,3	0,5	0,9	133,5		
LCD0055_branco	8,5	1,5	0,6	45,0	0,1	0,7	1,4	4,1	0,0	0,5	0,3	250,4	19,3	17,6
LCD0055_corpo	15,1	3,3	0,7	65,7	0,2	0,9	2,5	9,3	0,0	0,6	0,3	18,0		
LCD0055_nucleo	15,3	3,3	0,7	65,7	0,2	0,9	2,4	9,2	0,0	0,6	0,3	17,5		
LCD0066_branco	10,7	1,4	2,9	44,5	0,4	0,9	3,1	3,8	0,2	0,2	0,6	178,2	12,6	18,7
LCD0066_corpo	18,8	2,4	5,3	58,9	0,4	1,1	4,3	6,8	0,3	0,5	0,9	138,5		
LCD0066_ext_cana	18,7	2,3	5,3	59,1	0,4	1,1	4,3	6,7	0,3	0,5	0,9	138,4		
LCD0067_branco	10,5	1,8	0,6	50,6	0,2	0,6	1,5	5,1	0,0	0,2	0,4	39,2	20,0	8,3
LCD0067_corpo	15,1	2,6	0,9	69,4	0,2	0,9	2,2	7,8	0,0	0,3	0,4	28,9		
LCD0067_nucleo	15,1	2,6	0,9	69,3	0,2	0,9	2,2	7,8	0,0	0,4	0,4	26,3		
LCD0068_branco	10,8	1,5	3,4	40,3	0,3	0,9	3,3	4,6	0,1	0,2	0,5	75,8	15,8	18,0
LCD0068_corpo	17,4	2,9	5,4	57,1	0,4	1,0	5,2	8,9	0,2	0,4	0,8	154,6		
LCD0068_nucleo	17,3	2,8	5,4	57,4	0,4	1,0	5,2	8,6	0,2	0,4	0,8	106,3		
LCD0069_branco	8,3	1,3	2,8	36,7	0,3	1,0	3,0	3,9	0,1	0,1	0,5	58,2	25,9	15,6
LCD0069_corpo	16,9	2,9	6,4	56,6	0,4	0,9	5,6	8,0	0,3	0,7	0,9	125,4		
LCD0069_nucleo	16,9	2,9	6,4	56,8	0,4	0,9	5,6	7,8	0,3	0,7	0,9	125,8		
LCD0070_corpo	15,6	3,8	4,8	58,1	0,3	0,8	5,3	9,7	0,2	0,4	0,6	75,2		
LCD0071_branco	9,0	1,3	2,6	39,7	0,2	0,9	3,9	4,0	0,1	0,2	0,4	38,6	16,3	21,2
LCD0071_corpo	14,5	2,9	4,9	58,5	0,4	0,8	6,8	8,8	0,2	0,8	0,8	144,8		
LCD0071_nucleo	14,4	2,8	4,9	58,8	0,4	0,8	6,6	8,7	0,2	0,8	0,7	151,6		
LCD0072_branco	7,9	1,6	2,6	38,7	0,3	0,8	4,5	5,0	0,1	0,2	0,5	200,7	15,6	22,0
LCD0072_corpo	15,0	2,7	4,1	58,9	0,3	0,8	7,9	8,8	0,1	0,4	0,7	58,4		
LCD0072_nucleo	15,0	2,8	4,1	58,8	0,3	0,8	7,9	8,8	0,1	0,4	0,7	56,9		

Fragmentos	Na₂O m/m%	MgO m/m%	Al₂O₃ m/m%	SiO₂ m/m%	P₂O₅ m/m%	Cl m/m%	K₂O m/m%	CaO m/m%	TiO₂ m/m%	MnO m/m%	Fe₂O₃ m/m%	As₂O₃ µg/g	SnO₂ m/m%	PbO m/m%
LCD0073_corpo	18,6	2,5	4,4	60,2	0,3	1,1	3,9	7,4	0,2	0,3	0,7	53,0		
LCD0073_nucleo	19,2	2,5	4,4	59,7	0,3	1,2	3,9	7,3	0,2	0,3	0,7	62,4		
LCD0073_branco	13,1	1,5	3,1	47,5	0,2	1,2	2,8	4,4	0,1	0,1	0,6	91,5	11,0	13,9
LCD0074_corpo	17,5	2,2	4,3	62,6	0,3	1,2	4,2	6,2	0,2	0,4	0,7	112,6		
LCD0075_corpo	17,6	2,2	4,3	62,6	0,3	1,2	4,2	6,1	0,2	0,4	0,7	112,9		
LCD0076_branco	8,7	1,2	2,1	31,9	0,2	1,0	1,9	3,3	0,1	0,1	0,4	92,1	30,5	18,5
LCD0076_corpo	17,8	2,7	5,0	60,2	0,3	1,0	4,4	6,9	0,2	0,5	0,8	96,9		
LCD0076_nucleo	17,3	2,6	4,9	59,8	0,3	1,0	4,4	6,6	0,2	0,5	0,8	101,1		
LCD0086_branco	9,4	1,9	3,3	43,0	< 0,05	0,8	4,8	3,2	0,1	0,1	0,3	<2318	11,1	21,5
LCD0086_corpo	15,1	3,2	4,9	59,5	0,2	0,6	8,4	6,5	0,2	0,5	0,7	317,3		
LCD0086_ext_cana	16,3	3,4	5,0	59,3	0,3	0,6	7,6	6,1	0,2	0,4	0,7	173,6		
LCD0086_nucleo	16,2	3,4	5,1	59,5	0,2	0,5	7,4	6,0	0,2	0,4	0,7	121,3		
LCD0087_branco	18,9	3,0	4,3	49,8	< 0,06	0,9	2,0	4,8	0,1	0,3	0,9	0,0	11,3	3,6
LCD0087_corpo	17,9	2,6	4,3	63,1	0,3	1,1	3,5	6,0	0,1	0,4	0,7	< 6033		
LCD0087_ext_cana	17,7	2,6	5,6	64,2	0,4	1,0	3,1	4,4	0,1	0,2	0,5	<25,5		
LCD0091_branco	11,2	1,7	0,3	52,3	0,2	0,7	2,7	5,8	0,0	0,3	0,4	51,9	10,1	14,0
LCD0091_branco_rete	10,3	1,7	0,4	49,2	0,2	0,7	2,6	5,8	0,0	0,3	0,3	52,2	14,5	13,7
LCD0091_corpo	13,5	3,0	0,9	65,7	0,2	0,8	4,2	10,7	0,0	0,3	0,4	19,6		
LCD0091_nucleo	13,3	2,8	0,8	66,8	0,2	0,9	4,1	10,3	0,0	0,2	0,3	18,9		
LCD0091_nucleo_rete	13,3	2,8	0,8	66,8	0,2	0,9	4,1	10,4	0,0	0,2	0,3	22,4		
LCD0092_branco	9,6	1,5	2,8	40,5	< 0,11	1,0	2,2	2,8	0,1	0,1	0,3	<3277	13,7	25,3
LCD0092_corpo	16,4	2,8	5,1	62,8	0,5	1,0	3,4	5,7	0,2	0,8	1,1	342,1		
LCD0092_ext_cana	18,6	3,2	5,4	61,8	0,5	0,9	2,9	4,7	0,2	0,6	0,9	188,9		
LCD0092_nucleo	17,9	3,1	5,4	62,5	0,5	0,9	3,1	5,0	0,1	0,6	0,9	419,8		
LCD0093_branco	11,4	1,4	3,7	42,9	0,7	0,9	2,6	2,8	0,1	0,1	0,5	<2929	16,8	15,9
LCD0093_corpo	19,9	2,2	5,3	59,2	0,4	1,0	4,1	5,8	0,3	0,5	0,9	< 2495		
LCD0093_nucleo	20,8	2,4	5,4	59,4	0,4	1,0	3,8	5,2	0,2	0,4	0,7	<52,4		
CMoG A – LA-ICP-MS medido	13,97	2,57	0,90	66,88	0,11	0,15	2,81	5,64	0,75	1,01	1,11	0,004	0,17	0,06
Referência [68] p. 544	14,3	2,66	1,00	66,56	0,13	---	2,87	5,03	0,79	1,00	1,09	----	0,19	0,12
CMoG B - µ-PIXE medido	16,7	1,0	4,3	63,5	0,68	0,24	1,0	8,1	0,07	0,18	0,34	---	---	0,54
Referência [68] p. 544	17,0	1,03	4,36	62,3	0,82	---	1,00	8,56	0,09	0,25	0,34	---	0,04	0,61
CMoG C - µ-PIXE medido	1,2	2,4	1,0	35,9	----	0,38	2,6	4,5	0,70	---	0,27	---	---	39,5
Referência [68] p. 544	1,07	2,76	0,87	---	---	---	2,84	5,07	0,79	---	0,34	---	0,19	0,36

Tabela 7.5: Concentração dos elementos traço e terras raras em µg/g, medido por LA-ICP-MS

Fragmentos	Li	B	Ti	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	Sb
LCD0027_branco	14.3	54.9	925.4	7.8		18.7	48.2	50.8	36.1	28.5	33.5	228.6	9.2	132.1	3.0	3.1	222291.4	59.4
LCD0027_corpo	43.9	99.7	1559.3	16.5	13.1	93.0	35.8	80.0	49.9	107.9	44.4	455.2	13.2	194.5	4.8	8.3	578.3	1.8
LCD0027_ext_cana	44.5	102.0	1501.0	16.5	13.0	87.8	34.6	74.2	46.7	100.1	43.8	454.6	12.8	179.7	4.6	7.8	619.0	1.6
LCD0027_nucleo	43.9	99.6	1534.1	16.5	13.4	89.8	34.6	75.9	48.9	102.7	44.1	456.2	13.0	190.3	4.7	8.2	568.9	1.7
LCD0038_branco	4.4	55.4	286.4	7.2		17.2	32.6	129.9	34.8	186.1	9.0	238.5	3.4	17.9	1.1	1.1	108674.3	293.3
LCD0038_nucleo	26.2	138.8	703.8	15.9	13.4	56.0	33.4	82.7	50.2	69.2	12.6	235.7	6.0	27.2	2.5	1.4	136.6	1.4
LCD0038corpo	15.6	111.9	443.6	12.6	11.7	41.0	26.3	29.6	51.5	53.9	10.8	198.8	4.9	17.5	1.7	1.2	319.5	1.7
LCD0048_branco	17.0	55.4	866.2	11.7		18.4	26.4	99.2	32.8	58.9	51.4	176.7	5.6	49.1	2.8	1.3	93754.0	86.5
LCD0048_corpo	27.4	81.3	1511.6	19.6	17.1	80.3	24.1	16.5	38.5	118.8	79.5	334.0	9.4	101.5	4.2	2.1	381.2	0.7
LCD0048_ext_cana	28.3	82.0	1508.2	19.7	15.7	75.4	22.6	15.3	37.2	111.6	79.3	325.0	9.4	100.1	4.1	1.9	355.5	0.7
LCD0048_nucleo	28.1	80.7	1523.2	19.7	16.2	69.4	21.4	15.8	35.9	101.1	78.3	318.5	9.3	99.1	4.1	1.7	311.5	0.6
LCD0055_branco	1.8	46.6	248.0	7.1	9.1	17.2	39.1	59.6	24.3	189.7	10.4	277.8	1.6	10.6	0.8	1.5	151829.0	41.4
LCD0055_corpo	9.7	85.9	224.9	7.5	11.1	19.9	9.0	41.0	26.3	13.6	11.9	635.0	1.9	9.9	0.8	2.3	5054.3	1.2
LCD0055_nucleo	10.4	86.2	223.9	7.4	10.2	19.8	8.8	42.0	25.5	13.2	11.9	637.2	1.9	9.8	0.8	2.3	5082.3	1.1
LCD0066_branco	13.0	62.4	988.4	11.0		43.6	36.5	113.5	51.4	135.0	27.5	297.4	6.8	81.7	5.2	0.8	98906.1	175.5
LCD0066_corpo	31.4	79.2	1636.7	15.8	12.0	77.0	29.9	146.4	55.3	104.9	32.0	564.0	10.4	143.2	8.1	1.9	530.3	1.7
LCD0066_ext_cana	34.3	80.4	1605.5	15.7	10.3	75.2	29.3	155.8	55.8	104.8	31.9	556.1	10.4	142.3	8.1	1.9	517.4	1.6
LCD0067_branco	6.1	67.4	190.5	5.6	35.6	17.2	40.2	41.9	33.2	29.7	10.9	345.0	2.0	10.8	0.7	0.7	157193.9	28.7
LCD0067_corpo	9.7	94.1	240.0	6.9	10.5	14.5	10.0	83.7	33.8	21.9	12.2	537.9	2.8	13.7	0.8	0.7	234.2	0.6
LCD0067_nucleo	10.8	96.2	247.7	7.1	10.8	12.5	10.1	82.3	35.9	19.9	12.7	542.0	2.9	14.1	0.9	0.8	392.4	0.7
LCD0068_branco	20.1	59.5	882.8	9.9	29.0	20.2	32.8	25.1	50.1	57.4	32.7	341.8	8.1	121.6	3.0	1.0	124440.4	121.8
LCD0068_corpo	46.5	85.1	1414.3	15.4	14.9	75.8	29.7	17.7	59.3	117.1	47.9	834.6	11.8	167.5	4.3	1.6	402.1	2.0
LCD0068_nucleo	48.1	87.9	1352.7	15.2	19.0	60.5	25.5	28.3	45.0	80.5	47.5	821.7	11.9	165.5	4.3	1.3	407.7	1.0
LCD0069_branco	11.8	65.1	867.3	7.8	27.0	19.0	43.0	50.9	37.2	44.1	25.6	231.9	8.5	77.9	2.7	0.9	203710.6	62.8
LCD0069_corpo	47.7	94.1	1898.1	16.8	14.8	79.3	29.0	128.9	52.4	95.0	42.4	522.2	18.4	301.2	5.7	6.4	610.6	1.5
LCD0069_nucleo	47.7	96.6	1883.1	16.8	14.4	79.0	29.0	120.5	52.4	95.3	42.1	514.3	18.2	297.6	5.6	6.4	460.7	1.4

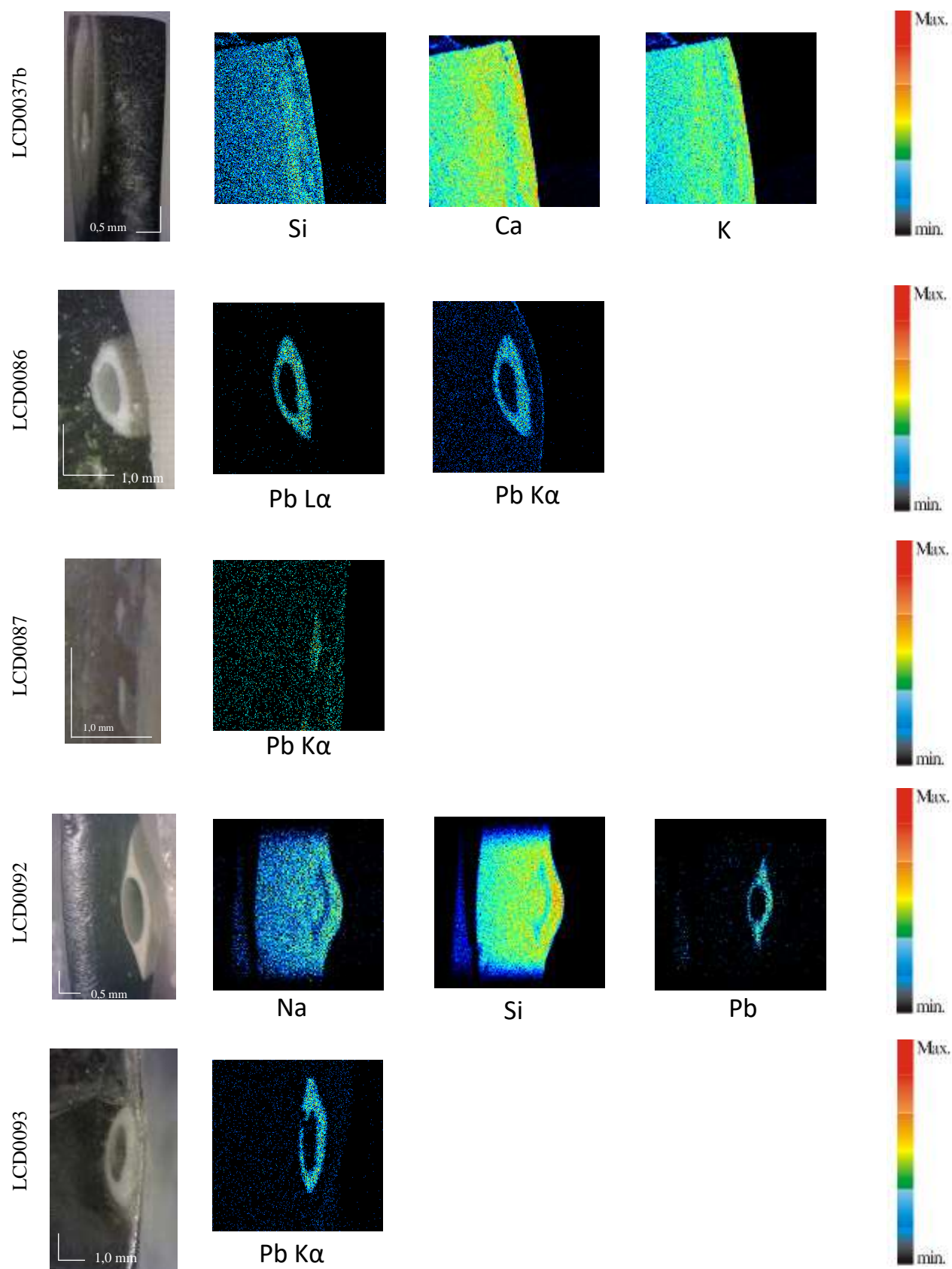
Fragmentos	Li	B	Ti	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	Sb
LCD0070_corpo	40.8	87.6	1029.3	12.2	10.6	37.8	18.4	13.2	41.5	56.9	55.6	691.9	8.1	100.1	3.3	1.6	660.1	0.7
LCD0071_branco	15.9	54.4	721.6	9.0		15.4	36.3	24.7	30.6	29.2	35.0	240.0	5.3	52.2	2.4	1.2	128212.3	221.8
LCD0071_corpo	37.0	89.6	1285.3	15.8	13.3	71.4	30.7	13.7	47.4	109.7	56.2	529.3	9.3	94.4	4.0	2.3	1365.4	2.5
LCD0071_nucleo	38.5	92.7	1242.3	15.6	11.1	70.9	30.6	31.2	47.9	114.8	55.8	531.3	9.5	94.0	4.0	2.2	1231.9	2.2
LCD0072_branco	10.0	53.9	600.0	8.5	18.8	26.2	36.2	228.0	48.9	152.0	33.4	156.5	3.8	48.9	2.1	0.6	122693.0	29.8
LCD0072_corpo	37.3	79.1	890.5	12.0	12.6	45.0	20.6	23.9	55.7	44.2	46.8	536.3	6.2	64.5	2.8	1.5	281.8	1.2
LCD0072_nucleo	37.5	79.1	888.5	11.9	12.1	44.7	20.6	23.3	54.3	43.1	46.7	543.6	6.2	63.4	2.8	1.5	252.6	1.1
LCD0073_branco	14.2	56.9	717.2	9.1	24.7	11.0	25.9	150.9	30.5	69.3	28.1	323.0	4.5	42.9	2.5	0.6	86839.1	56.8
LCD0073_corpo	33.0	84.4	1022.3	12.3	12.1	26.2	12.8	15.0	36.9	40.2	33.1	542.6	6.7	72.8	3.4	0.8	417.9	0.5
LCD0073_nucleo	35.6	88.2	995.8	12.5	15.0	29.4	15.0	41.5	37.1	47.3	32.5	542.4	6.6	72.1	3.3	0.8	313.9	0.5
LCD0074_corpo	30.6	84.3	974.4	11.3	10.8	51.7	25.5	56.3	35.0	85.3	36.1	305.2	6.3	62.2	3.2	3.1	366.5	0.7
LCD0075_corpo	30.7	85.5	963.5	11.2	10.1	51.1	25.3	56.6	33.9	85.5	35.9	301.3	6.3	63.2	3.2	3.0	367.8	0.7
LCD0076_branco	19.9	50.6	493.8	7.0		13.3	49.3	40.8	34.9	69.8	21.4	225.4	3.7	26.3	1.9	0.5	239868.5	238.6
LCD0076_corpo	57.5	85.1	1213.3	15.0	12.8	52.7	23.4	16.2	48.8	73.4	45.4	425.6	8.6	99.5	3.7	1.6	232.8	0.5
LCD0076_nucleo	54.4	87.6	1127.9	14.6	9.0	50.6	22.8	24.4	50.0	79.7	44.9	412.5	8.4	97.1	3.6	1.6	4431.9	4.8
LCD0091_branco	10.7	59.7	176.7	5.4	13.8	14.6	22.1	100.3	20.9	39.3	12.3	331.8	1.4	10.0	0.6	1.4	79615.6	19.7
LCD0091_branco_rete	10.2	54.6	169.0	5.3	12.4	15.6	29.0	73.0	25.0	39.5	12.0	330.4	1.4	10.3	0.6	1.2	114259.1	27.2
LCD0091_corpo	13.4	67.6	288.0	7.1	10.1	15.4	8.0	45.6	24.0	14.8	17.5	628.2	2.5	19.3	1.0	1.1	325.3	0.6
LCD0091_nucleo	14.1	63.6	246.7	5.7	8.1	11.7	7.1	38.5	22.0	14.3	16.3	609.8	2.2	17.3	0.8	0.9	184.2	1.5
LCD0091_nucleo_rete	13.4	62.8	244.2	5.7	8.5	13.0	7.6	38.1	21.9	17.0	16.2	616.7	2.2	17.2	0.8	1.0	183.0	1.7

Tabela 7.5 (continuação): Concentração dos elementos traço e terras raras em µg/g, medido por LA-ICP-MS

Fragmentos	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
LCD0027_branco	1.2	127.6	23.0	49.3	5.2	19.6	3.9	0.0	3.1	0.3	1.9	0.3	0.8	0.1	0.8	0.1	3.4	128431.1	9.6	1.7
LCD0027_corpo	1.0	335.2	31.0	64.8	6.9	27.2	5.0	0.7	3.3	0.5	2.5	0.5	1.2	0.2	1.3	0.2	4.6	529.7	11.7	2.6
LCD0027_ext_cana	1.0	327.6	29.3	61.6	6.6	25.8	4.8	0.6	3.3	0.5	2.3	0.5	1.2	0.2	1.2	0.2	4.4	603.0	11.2	2.5
LCD0027_nucleo	1.0	338.4	30.7	64.5	6.9	27.0	4.9	0.6	3.4	0.5	2.5	0.5	1.3	0.2	1.3	0.2	4.5	529.9	11.5	2.6
LCD0038_branco	0.3	142.6	3.6	6.3	0.7	2.9	0.7		0.5	0.1	0.5	0.1	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	173935.6	0.7	0.6
LCD0038_nucleo	0.3	165.1	8.2	15.1	1.7	6.5	1.3	0.3	1.1	0.2	1.0	0.2	0.6	0.1	0.6	0.1	0.7	494.1	1.9	0.9
LCD0038corpo	0.2	126.9	5.2	9.5	1.1	4.2	0.9	0.2	0.8	0.1	0.8	0.2	0.4	0.1	0.4	0.1	0.5	312.9	1.2	0.8
LCD0048_branco	1.2	108.2	9.4	19.6	2.1	8.0	1.5		1.3	0.2	0.9	0.2	0.5	0.1	0.5	0.1	1.1	222350.3	2.9	0.8
LCD0048_corpo	1.4	225.8	15.4	31.7	3.5	13.8	2.7	0.5	2.0	0.3	1.8	0.3	0.8	0.1	0.9	0.1	2.4	757.0	4.8	1.6
LCD0048_ext_cana	1.4	219.7	15.5	31.8	3.5	13.9	2.6	0.5	2.0	0.3	1.7	0.3	0.9	0.1	0.9	0.1	2.5	682.8	4.8	1.6
LCD0048_nucleo	1.4	213.5	15.2	31.2	3.4	13.9	2.6	0.5	2.0	0.3	1.7	0.3	0.9	0.1	0.9	0.1	2.4	576.6	4.7	1.5
LCD0055_branco	0.2	262.7	1.9	3.4	0.4	1.4	0.3			0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	163813.5	0.6	0.2
LCD0055_corpo	0.2	497.5	2.3	3.6	0.4	1.6	0.3	0.1	0.3	0.0	0.3	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	4154.5	0.5	0.2
LCD0055_nucleo	0.2	509.4	2.3	3.7	0.4	1.7	0.3	0.1	0.3	0.0	0.3	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	4201.9	0.5	0.3
LCD0066_branco	0.7	138.1	15.1	29.6	3.1	12.7	2.0	0.1	1.5	0.2	1.5	0.2	0.6	0.1	0.7	0.1	2.2	173367.3	5.4	1.2
LCD0066_corpo	0.6	299.0	23.6	46.9	5.1	19.8	3.7	0.6	2.5	0.4	1.9	0.4	0.9	0.1	1.0	0.1	3.4	806.4	7.8	2.2
LCD0066_ext_cana	0.6	292.3	23.5	46.0	5.0	19.1	3.6	0.6	2.4	0.4	2.0	0.3	0.9	0.1	0.9	0.1	3.3	789.4	7.6	2.1
LCD0067_branco	0.4	131.8	2.0	3.7	0.5	1.7	0.4			0.1	0.3	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.3	77214.6	0.5	1.2
LCD0067_corpo	0.3	219.7	2.8	5.0	0.6	2.3	0.5	0.1	0.4	0.1	0.5	0.1	0.3	0.0	0.2	0.0	0.3	160.8	0.6	1.8
LCD0067_nucleo	0.3	235.2	2.9	5.2	0.6	2.4	0.5	0.1	0.4	0.1	0.5	0.1	0.3	0.0	0.3	0.0	0.4	247.5	0.6	2.0
LCD0068_branco	0.9	177.9	17.2	34.6	3.9	15.1	2.8	0.1	1.6	0.3	1.5	0.3	0.8	0.1	0.9	0.1	3.1	166871.7	7.3	1.6
LCD0068_corpo	1.1	347.3	24.4	50.1	5.5	21.6	4.0	0.5	2.8	0.4	2.1	0.4	1.1	0.2	1.1	0.2	4.1	486.8	9.4	2.2
LCD0068_nucleo	1.1	337.4	24.2	49.0	5.4	21.3	4.1	0.5	2.7	0.4	2.2	0.4	1.1	0.2	1.1	0.2	4.1	527.3	9.3	2.2
LCD0069_branco	1.0	123.6	21.6	45.3	5.1	19.9	3.6		1.5	0.4	1.9	0.3	0.7	0.1	0.8	0.1	2.3	144591.8	9.0	1.5
LCD0069_corpo	1.0	374.6	46.2	99.1	10.5	40.7	7.5	0.8	5.0	0.7	3.6	0.7	1.8	0.2	1.8	0.3	7.2	532.2	18.0	3.7
LCD0069_nucleo	1.0	369.9	45.5	97.2	10.4	40.0	7.5	0.8	4.9	0.7	3.6	0.7	1.7	0.2	1.7	0.3	7.0	428.1	17.9	3.6

Fragmentos	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
LCD0070_corpo	1.1	220.3	17.2	35.9	4.1	16.2	3.1	0.5	2.2	0.3	1.6	0.3	0.7	0.1	0.8	0.1	2.5	820.4	5.8	1.7
LCD0071_branco	0.9	137.4	9.6	19.6	2.1	8.5	1.5	0.2	1.4	0.2	1.2	0.2	0.4	0.1	0.5	0.1	1.4	196454.3	3.0	0.8
LCD0071_corpo	1.2	300.4	15.7	32.3	3.6	14.1	2.7	0.6	2.0	0.3	1.7	0.3	0.9	0.1	0.8	0.1	2.3	2818.0	4.6	1.8
LCD0071_nucleo	1.1	293.3	15.3	30.9	3.5	13.7	2.6	0.5	2.1	0.3	1.7	0.3	0.9	0.1	0.8	0.1	2.5	3795.8	4.4	1.8
LCD0072_branco	0.8	126.3	7.7	16.5	1.8	7.2	1.3		0.9	0.2	0.7	0.1	0.4	0.0	0.3	0.1	1.3	204258.3	2.4	0.8
LCD0072_corpo	0.9	266.1	11.6	24.9	2.7	10.9	2.2	0.4	1.5	0.2	1.2	0.2	0.5	0.1	0.6	0.1	1.6	400.3	3.4	1.2
LCD0072_nucleo	0.9	267.6	11.7	25.0	2.7	10.7	2.2	0.4	1.5	0.2	1.1	0.2	0.6	0.1	0.6	0.1	1.6	369.5	3.3	1.2
LCD0073_branco	0.8	143.1	8.1	16.4	1.8	7.0	1.3		1.0	0.2	0.9	0.1	0.4	0.1	0.5	0.0	1.2	129501.7	2.4	0.7
LCD0073_corpo	0.7	235.7	12.0	24.0	2.7	10.5	2.1	0.4	1.5	0.2	1.2	0.2	0.6	0.1	0.6	0.1	1.8	598.0	3.5	1.1
LCD0073_nucleo	0.7	233.1	11.8	23.5	2.7	10.5	2.1	0.4	1.4	0.2	1.1	0.2	0.6	0.1	0.6	0.1	1.8	465.2	3.4	1.1
LCD0074_corpo	0.7	251.6	12.3	26.7	3.0	12.4	2.5	0.5	1.7	0.2	1.2	0.2	0.6	0.1	0.6	0.1	1.6	439.7	3.2	1.1
LCD0075_corpo	0.8	248.1	12.1	26.4	3.0	12.4	2.4	0.5	1.6	0.2	1.2	0.2	0.6	0.1	0.6	0.1	1.5	436.9	3.2	1.1
LCD0076_branco	0.5	108.6	7.5	14.8	1.7	6.9	1.0	0.3	1.8	0.2	0.8	0.1	0.4	0.0	0.4	0.1	0.7	171465.0	2.5	0.6
LCD0076_corpo	1.0	278.6	16.3	33.9	3.8	14.9	2.9	0.5	2.1	0.3	1.7	0.3	0.8	0.1	0.8	0.1	2.5	231.2	5.2	1.6
LCD0076_nucleo	1.0	259.3	15.6	31.5	3.6	14.3	2.7	0.5	2.1	0.3	1.6	0.3	0.8	0.1	0.8	0.1	2.5	14778.7	4.9	1.5
LCD0091_branco	0.3	236.2	1.9	3.3	0.4	1.5	0.2			0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.3	129629.9	0.5	0.2
LCD0091_branco_rete	0.2	237.0	1.8	3.1	0.4	1.5	0.3		0.5	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.3	126744.7	0.4	0.2
LCD0091_corpo	0.3	266.1	3.1	5.3	0.6	2.5	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.5	458.6	0.8	0.3
LCD0091_nucleo	0.2	165.8	2.7	4.8	0.6	2.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	197.0	0.7	0.3
LCD0091_nucleo_rete	0.2	161.7	2.7	4.8	0.6	2.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	185.9	0.7	0.3

7.6 Anexo VI - Mapas μ -PIXE



7.7 Anexo VII – Composições da literatura

Tabela 7.6: Composição química dos vidros filigranados encontrados na literatura, datados entre os séculos XVI e XVII.

	Localização de onde foram encontrados	Tipo de vidro	Data	nº fragmentos no total	nº filigranas	inventário	Cor / Local de análise	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	NiO	CuO	ZnO	As ₂ O ₃	SrO	PbO	SnO ₂	BaO	Co	Cu	Sr	Zr	CaO / K ₂ O	CaO / MgO					
a) [23]	Portugal: Mosteiro de Santa Clara-a-Velha, Coimbra; São João de Tarouca, Lamego; Pátio da Universidade de Coimbra	Vidro silicatado sodo-cálcico	Séc. XVII	32 selecionados	7 analisadas	SCV-V191	vidro incolor	16,3	2,5	1,2	67,7	<0,1 2	0,08	0,69	3,79	6,62	0,06	0,31	0,38	<20 µg/g	<10 µg/g	<40 µg/g	<40 µg/g	<20µg/ g	0,03	0,03													
						SJT0011		18,7	2,4	1,8	67,9	0,22	0,07	0,99	2,96	4,05	0,08	0,27	0,52	<40 µg/g	<20 µg/g	<20 µg/g	<20 µg/g	<40µg/ g	0,02	0,02													
						SJT0012		18,6	3,8	2,7	62,3	0,16	0,05	0,91	3,21	7,06	0,08	0,35	0,62	0,01	<30 µg/g	<20 µg/g	<20 µg/g	0,01	0,04	0,05													
						SJT0014		14,0	3,2	2,6	61,2	0,21	0,08	0,67	6,91	9,66	0,09	0,47	0,62	<50 µg/g	<50 µg/g	<30 µg/g	<30 µg/g	0,01	0,05	0,05													
						SJT0123		19,7	2,1	2,9	62,9	0,23	0,07	1,01	3,54	6,12	0,1	0,41	0,7	0,01	<40 µg/g	0,02	<50 µg/g	0,01	0,03	0,01													
						CPU0006		18,4	2,3	1,9	65,7	0,26	0,06	1,14	2,95	6,29	0,07	0,28	0,48	<50 µg/g	<20 µg/g	<20 µg/g	<30 µg/g	<40µg/ g	0,03	0,03													
						b) [56]		Eslováquia	Vidro silicatado sodo-cálcico	Final do século XVI	7	A1	Vidro incolor	14,8	3,6	0,8	68,6	0,3	0,4			2,2	7,9		0,7	0,4										n,d,			
A2	15,1	3,5	0,7	67,9	0,2		0,4							2,2	8,5		0,3	0,3												n,d,					3,86	2,49			
A3	16,0	3,5	1,6	68,0	0,1		0,4							2,4	8,0		0,2	0,2												n,d,					3,33	2,29			
A4	14,8	3,2	1,4	65,5	0,1		0,2							3,5	9,5		0,6	0,5												n,d,					2,71	2,97			
A5	14,4	3,4	0,7	69,1	0,2		0,4							2,2	7,8		0,7	0,4												n,d,					3,55	2,29			
A6	16,0	3,2	0,8	67,5	0,3		n,d,							2,3	8,1		0,4	0,4												n,d,					3,52	2,53			
A7	12,6	2,9	1,3	66,6	0,2		0,2							5,2	9,2		0,7	0,4											n,d,					1,77	3,17				
A1a	13,2	1,8	1,0	59,6	n,d,							2,4	3,9		0,4	0,3														9,7	7,4			1,63	2,17				
A2a	9,5	1,2	0,5	53,9	n,d,							1,7	2,9		n,d,	0,3														19,5	9,7			1,71	2,42				
A3a	13,4	2,9	2,9	55,4	0,3							2,2	6,7		0,3	0,3														11,6	6,3			3,05	2,31				
A5a	13,5	1,8	1,0	57,9	n,d,							2,3	3,7		0,4	0,3														10,0	8,7			1,61	2,06				
A6a	12,9	1,5	0,4	54,4	0,2							2,4	3,5		0,2	n,d,														13,7	7,9			1,63	3,17				
A7a	11,1	2,4	1,0	54,6	n,d,							4,3	7,6		0,5	0,3														11,0	6,4								
República Checa	Vidro potasso-cálcico	Final do séc XVI e início do séc XVII	13	A10	vidro incolor		2	2,3	1,9	66,8	1,5	n,d,		9,1	14,9		0,6	0,4											0,3					1,64	6,48				
				A11			2,8	2,6	0,8	65,4	0,7	0,2		11,4	14,5		0,7	0,2												0,3					1,27	5,58			
				A12			3,1	3	0,8	64,7	0,8	0,2		11,8	14,3		0,7	0,2												0,2					1,21	4,77			
				A13			1,5	2,7	1,3	67,8	1	0,3		9,4	14,4		0,6	0,3												0,3					1,53	5,33			
				A14			2,4	2,3	1,7	67	1,5	0,3		8,4	14,7		0,8	0,3												0,3					1,75	6,39			
				A15			2	2,1	1,6	68,1	1,3	0,1		8,3	14,3		0,6	0,3												0,2					1,72	6,81			
				A16			2,7	2,6	0,7	71,1	0,7	0,1		8	12,3		0,5	0,1												0,7					1,61	4,96			
				A17		3	2,5	0,5	71,2	0,6	0,2		8,4	12,3		0,5	0,1												0,3					1,46	4,92				
				A18		2,8	2,6	0,6	70,1	0,7	0,3		8,6	12,8		0,6	0,2												0,4					1,49	4,92				
				A19		2,2	2,9	1,2	67,7	0,9	n,d,		10,8	13,5		0,6	n,d,													n,d,					1,25	4,66			
A20	1,3	2,9	2	65,3	1,1	0,4		10,1	15,4		0,8	0,4												0,4					1,52	5,31									
A21	0,5	3,3	2	66,9	1	0,6		10	14,7		0,8	0,3													n,d,					1,47	4,45								
A22	1,9	2,6	1	64,9	0,8	0,2		14,7	12		0,5	0,3													0,2					0,82	4,62								
Áustria					A10a	Vidro branco	1,6	0,7	1	55,7	0,3			3	5,1		n,d,	0,3								31,6	n,d,							1,7	7,29				
					A11a		1,7	1,3	0,3	50,3	n,d,		7	8,5		n,d,	n,d,											29,9	n,d,					1,21	6,54				
					A12a		3,8	2,3	0,6	58,7	0,5		8,3	10,6		0,5	0,3												6,3	7,6					1,28	4,61			
Eslováquia						A13a		2,5	1,7	1	59,4	0,8			6,5	11,1		0,4	0,2						15,4	n,d,					1,71	6,53							

	Localização de onde foram encontrados	Tipo de vidro	Data	nº fragmentos no total	nº filigranas	inventário	Cor / Local de análise	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	NiO	CuO	ZnO	As ₂ O ₃	SrO	PbO	SnO ₂	BaO	Co	Cu	Sr	Zr	CaO / K ₂ O	CaO / MgO
	República Checa					A14a	Vidro branco	1,5	0,7	0,8	51,3	n,d,			4,2	4,7		0,2	0,3								33,4	4,1	0,2				1,12	6,71
						A15a		1,5	0,9	1,2	57,8	n,d,			5	5,8		0,2	0,4					21,6	4,4					1,16	6,44			
						A16a		3,7	2,1	1,4	65,8	0,4			6,1	11,5		0,4	n,d,					8	n,d,					1,89	5,48			
						A17a		5	2,5	0,8	67,2	n,d,			5,2	11,9		0,5	n,d,				0,1	5,8	n,d,					2,29	4,76			
						A18a		5,5	2,6	0,9	67,5	n,d,			4,7	12,4		0,5	0,4				0,1	4,4	n,d,					2,64	4,77			
						A19a		1,9	1,9	1,3	55,6	0,5			8,8	8,8		n,d,	n,d,					13,6	7,3					1	4,63			
						A20a		1,5	1,2	1,1	52,5	0,7			6	6,9		0,3	0,4					29,4	n,d,	0,4				1,15	5,75			
						A21a		n,d,	1,2	1,1	44	n,d,			5,7	5,5		0,3	0,2					22,6	19,8					0,96	4,58			
						A22a		1	0,6	0,3	22,8	0,2			n,d,	2,4		n,d,	0,1						14	56,6						4		
c) [69]	Amesterdão: Two Roses' glasshouse Rozengracht	Vidro silicatado sodo-cálcico	Final do séc XVII	56	2	RO21-5-294	Vidro incolor	11,1	2,9	1,5	64,5	0,3	0,4	0,8	5,2	11,9	0,2	0,6	0,4					0,1		0,1		0,1						
					RO21-5-288	11,1		2,8	1,5	63,9	0,3	0,2	0,8	4,4	11,9	<	0,6	0,5					0,2		0,1		<							
d) [70]	Espanha	Vidro silicatado sodo-cálcico			1		Vidro incolor	16,2 ± 0,2	3,5 ± 0,2	0,9 ± 0,1	63,5 ± 0,4	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,08	1,2 ± 0,04	2,4 ± 0,07	10,2 ± 0,2		0,09 ± 0,06	0,5 ± 0,05	0,4 ± 0,06						< 0,1			n,d,					
							Vidro branco	12,1 ± 0,2	2,6 ± 0,08	0,9 ± 0,09	45,1 ± 0,7	0,3 ± 0,2	0,2 ± 0,05	1,3 ± 0,04	1,6 ± 0,1	6,6 ± 0,2		0,09 ± 0,06	0,4 ± 0,08	0,6 ± 0,08					17,1 ± 0,9	11,2 ± 1,4								
e) [57]	Portugal, Santa Clara-a-Velha Monastery	Vidro silicatado sodo-cálcico	Séc. XVII	23 fragmentos + 7 canas	23 fragmentos + 5 cana		Vidro incolor do objeto	11,0 ± 1,5	2,6 ± 0,4	2,5 ± 1,5	68,7 ± 2,4				3,8 ± 1,0	8,4 ± 1,5																		
							Vidro incolor das canas aplicadas ao objeto	12,3 ± 2,1	2,6 ± 0,9	2,4 ± 1,3	66,9 ± 4,2				4,5 ± 1,7	8,5 ± 1,4																		
							Vidro incolor das canas não aplicadas	11,3 ± 1,3	2,9 ± 0,1	1,8 ± 0,6	68,1 ± 0,7				2,5 ± 0,1	10,3 ± 0,2																		
							Vidro branco das canas aplicadas ao objeto	5,2 ± 4,5	1,2 ± 0,8	3,75 ± 2,1	43,9 ± 6,3				3,1 ± 0,4	8,0 ± 4,0								14,6 ± 4,3	4-23%									
							Vidro branco das canas não aplicadas	4,0 ± 3,2	1,4 ± 0,4	4,5 ± 2,4	46,1 ± 2,1				1,8 ± 0,1	7,1 ± 3,1								14,6 ± 1,6	14,2 ± 1,3									
f) [71]	Croácia	Vidro silicatado sodo-cálcico		6 analisados	2	S8c	Vidro incolor	13,16	3,6	1,23		0,28			3,15	10,19	0,06	0,66	0,5							0,0002	0,0002			20	17	709	16	
						S13a		15,83	3,35	1,15		0,31			3,46	8,79	0,05	0,49	0,48					0,0001	0,0001			15	19	550	15			
h) [18]	Antuérpia	Façon-de Venise	Séc, XVI e XVII	48	\	\	\	14,6 ± 1,4	2,85 ± 0,45	1,45 ± 0,14	63,9 ± 2,1	0,32 ± 0,07	0,14 ± 0,04	0,66 ± 0,11	5,56 ± 1,24	9,63 ± 1,01		0,34 ± 0,14	0,42 ± 0,07															
		Alcalino misto		17	\	\	\	12,0 ± 1,0	1,87 ± 0,27	1,59 ± 0,10	68,9 ± 1,4	0,22 ± 0,07	0,15 ± 0,06	0,48 ± 0,12	8,27 ± 0,78	5,40 ± 0,53		0,50 ± 0,15	0,40 ± 0,12															
		Cristallo (local)		46	\	\	\	15,2 ± 0,9	1,67 ± 0,23	1,85 ± 0,22	70,0 ± 1,0	0,24 ± 0,05	0,19 ± 0,07	0,67 ± 0,14	4,55 ± 0,77	4,81 ± 0,71		0,51 ± 0,16	0,32 ± 0,07															
		Cristallo (importado)		6	\	\	\	16,4 ± 0,7	1,44 ± 0,25	1,31 ± 0,10	71,8 ± 0,3	0,19 ± 0,07	0,29 ± 0,04	0,62 ± 0,09	3,11 ± 0,61	4,0 ± 0,58		0,26 ± 0,08	0,30 ± 0,04															
		Vitrum Blanchum		15	\	\	\	14,6 ± 1,1	3,54 ± 0,39	1,31 ± 0,14	66,0 ± 1,1	0,37 ± 0,06	0,26 ± 0,05	0,71 ± 0,06	2,22 ± 0,40	10,0 ± 1,03		0,33 ± 0,10	0,36 ± 0,05															
i) [40]	Antuérpia	Vidro silicatado sodo-cálcico	Séc. XVI	?	todos os analisados	Restos de produçãi	Vidro incolor	15,7	1,9	1,58	65,4	0,44	0,13	0,9	3,4	9,36		0,49	0,5						0,1			0,02						
				23	3	Conjunto 1		15,3 ± 1,4	1,65 ± 0,25						4,4 ± 1,5	4,9 ± 0,8																		
				6	1	Conjunto 2		11,1 ± 0,5	2,66 ± 0,44						8,6 ± 0,8	5,1 ± 0,6																		
				28	12	Conjunto 3		15,1 ± 1,1	3,11 ± 0,30						4,6 ± 0,5	9,1 ± 0,9																		
				19	4	Conjunto 4		13,8 ± 1,5	3,54 ± 0,39						6,8 ± 0,6	3,54 ± 0,39																		
				15	13	Conjunto 5		14,6 ± 1,1	1,87 ± 0,27						2,2 ± 0,4	1,87 ± 0,27																		

	Localização de onde foram encontrados	Tipo de vidro	Data	nº fragmentos no total	nº filigranas	inventário	Cor / Local de análise	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	NiO	CuO	ZnO	As ₂ O ₃	SrO	PbO	SnO ₂	BaO	Co	Cu	Sr	Zr	CaO / K ₂ O	CaO / MgO
j) [43]	Londres: Old Broad Street	Vidro silicatado sodo-cálcico		26	2	Cane 195	Vidro incolor	12,3	3,2	1,3	64,7	0,4		0,4	7,2	8,5		0,5	0,5															
						Cane 196	Cana incolor interior	13,9	2,7	0,9	64	0,3		0,4	2,6	9,4		1,1	0,5															
						Cane 196	Cana incolor exterior	14,1	2,9	1	65,4	0,4		0,4	2,6	9,6		0,9	0,7															
		branco opaco			2	Cane 195	Cana branca	10,2	2,1	0,8	46,2			0,3	4,5	6,2		1	0,6							14,2	15,9							
						Cane 196	Cana branca	11,6	2	0,8	47,8			0,3	1,9	6,8		0,9	0,7							18	8,2							

a) Coutinho et al., 2016 b) Rohanová & Sedláčková, 2015 c) Hulst & Kunicki-Goldfinger, 2015 d) Wouters & Fontaine, 2009 e) Ramos et al., 2009 f) Lazar & Willmott, 2006 g) De Raedt et al., 2001 h) De Raedt et al., 1999 i) Mortimer, 1995

7.8 Anexo VIII - Composição centros de *Façon-de-Venise* conhecidos

Tabela 7.7: Composição química em médias e desvios padrão de vidros venezianos e *Façon-de-Venise* datados entre os séculos XVI e XVII, em percentagem de óxido [5]

<i>Localização</i>	<i>Classificação</i>	<i>Data</i>	<i>nº de amostras</i>	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	PbO	SnO ₂	CuO	SrO
Veneza ^{a,b}	<i>Cristallo</i>	XVI-XVIII	(n=16)	17,17	1,81	0,68	70,49	0,15	0,3	1	2,93	4,88	0,03	0,32	0,24				
			±	1,49	0,38	0,14	1,34	0,04	0,07	0,11	0,41	0,69	<0,03	0,14	0,05				
	<i>Vitrum Blanchum</i>	XVI-XVIII	(n=33)	13,64	3,35	1,03	66,9	0,31	0,24	0,86	2,97	9,76	0,05	0,47	0,37				
			±	1,36	0,76	0,37	1,71	0,12	0,08	0,12	1,2	1,18	0,02	0,2	0,08				
	Common	XVI-XVIII	(n=8)	13,42	3,11	1,71	64,72	0,33	0,19	0,66	3,3	10,07	0,05	1,27	0,84	0,15	0,1		
				±	0,92	0,25	0,15	0,09	0,04	0,07	0,59	0,57	0,01	0,32	0,08	0,07	0,06		
Amsterdão ^c																			
Waterlooplein				XVII	(n=74)	13,3	2,85	1,79	65,5	0,28	0,13	0,59	5,02	9,13		0,57	0,51		
				±		1,4	0,28	0,46	1,6	0,06	0,04	0,08	1,53	1,32		0,21	0,11		
Keizergracht				XVII	(n=38)	14,3	3,25	2,12	64,1	0,22	0,12	0,62	4,74	8,83		0,5	0,74		
				±		1,1	0,38	0,35	1,5	0,07	0,04	0,08	0,88	1,24		0,23	0,24		
Antuérpia ^c	<i>Façon-de-Venise</i>	2ª metade séc XVI		14,5	2,85	1,45	63,9	0,32	0,14	0,66	5,56	9,63		0,34	0,42				
	<i>Cristallo</i>	XVII	±	1,4	0,45	0,14	2,1	0,07	0,04	0,11	1,24	1,01		0,14	0,07				
				15,02	1,68	1,64	69,7	0,35	0,19	0,67	4,51	4,85		0,51	0,32				
			±	0,94	0,24	0,47	1,93	0,77	0,07	0,14	0,83	0,76		0,16	0,07				
	alcalino-misto	XVII		12	1,87	1,59	68,9	0,22	0,15	0,48	8,27	5,4		0,5	0,4				
Londres ^c				±	1	0,27	0,1	1,4	0,07	0,06	0,12	0,78	0,53		0,15	0,12			
Old Broad Street				1ª metade séc XVII	(n=32)	13,1	3,14	1,76	64,7	0,33	0,2	0,57	5,05	9,62		0,68	0,55		
				±		1,3	0,36	0,21	0,9	0,07	0,04	0,11	1,5	0,56		0,3	0,14		
Aldgate				1ª metade séc XVII	(n=40)	10,06	2,56	1,46	64,3	0,3	0,13	0,47	9,62	9,4		0,38	0,37		
				±		0,5	0,11	0,16	0,5	0,1	0,03	0,03	0,45	0,47		0,12	0,04		
Espanha ^d	Spanish I	final XVI - XVII		10,24	1,13	1,09	67,13	1,06	0,23		6,87	9,85		1,38	0,59	0,016			
			±	1,06	0,14	0,31	1,36	0,09	0,09		1,05	1,23		0,42	0,13	0,015			
	Spanish II	final XVI - XVII		11,67	3,41	1,72	67,35	0,63	0,31		3,48	9,85		0,62	0,69	0,013			
			±	1,14	0,42	0,54	1,58	0,14	0,08		0,49	1,66		0,25	0,19	0,008			

<i>Localização</i>	<i>Classificação</i>	<i>Data</i>	<i>nº de amostras</i>	<i>Na₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>SO₃</i>	<i>Cl</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>TiO₃</i>	<i>MnO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>PbO</i>	<i>SnO₂</i>	<i>CuO</i>	<i>SrO</i>
Toscânia ^e																			
Gambassi	Barilla da Toscana	meados XVI	(n=8)	14,2	3,4	4,6	59,2	0,4	0,1	0,5	5,7	9,5		1,3	0,7				
			±	1	0,3	0,3	0,5		0,1	0,1	0,6	0,4		0,4	0,2				
San Giovanni Valdarno	Levantine da Toscana	meados XVI	(n=1)	14,4	4,1	4,4	60,9	0,5	0,2	0,5	3,9	9,5		1,3	0,7				
	Barilla da Toscana	XVII	(n=11)	14,4	3,1	4,3	59,3	0,4	0,1	0,6	6	9,8		1	0,6				
			±	1,5	0,4	0,3	1,6	0,1		0,1	0,8	1,2		0,3	0,1				
	Levante da Toscana	XVII	(n=3)	15,8	4,5	4,1	60,7	0,5	0,2	0,6	3,6	8,2		1	0,6				
			±	0,7	0,3	0,1	1,3	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1		0,4	0,1				
	Seixos de Barilla	XVII	(n=1)	10,3	3,4	1,7	62,7	0,4	0,1	0,5	8,8	10,7		0,7	0,5				
	Seixos do Levante	XVII	(n=1)	16	1,4	2,1	67,6	0,6	0,1	0,9	3	6,1		1,2	0,6				
Portugal																			
			Nº de inventário																
Mosteiro de Santa Clara-a-Velha, Coimbra ^f	<i>Vidro Millefiori</i> (vidro base dos objetos)	XVII	SCV171	15,2	2,41	1,35	62,8	0,23	0,26	0,82	2,67	6,43		0,61	0,66	3,01	2,3		
			SCV173	14,3	3,06	1,27	65,1	0,25			3,3	8,45		0,33	1,01	0,23			
			SCV176	13,6	3,32	1,11	63,6	0,2	0,32	0,74	1,49	7,97		0,24	0,73	3,9			
			SCV-V66	16,9	2,76	7,61	58,2	0,36	0,15	0,88	4,12	5,92	0,2	1,13	1,15				
			SCV-V67	19,2	6,61	7,84	54,3	0,82	0,07	0,88	1,85	4,71	0,66	0,95	2,15				
			SCV-V68	13,2	2,97	3,81	58,4	0,36	0,09	0,46	5,72	11,14	0,29	1,34	1,66	0,13			
			SCV-V74	15,6	2,94	2,49	59,8	0,32	0,22	0,74	3,13	7,24		0,33	0,94	2,83	2,35		
			SCV-V108	15,4	2,98	4,57	60,8	0,29	0,19	0,78	5,5	6,54	0,14	0,46	0,81	0,11	0,06		
			SCV-V191	16,3	2,5	1,2	67,7	<0,12	0,08	0,69	3,79	6,62	0,06	0,31	0,38			0,00	0,03
			SCV-V193	18,1	2,8	0,8	68,0	0,13	0,12	0,61	2,47	5,91	0,03	0,38	0,33			0,00	0,03
Mosteiro de Santa Clara-a-Velha, Coimbra ^g		XVII	SCV-V194	19,2	3,2	6,1	57,8	0,28	0,05	0,75	4,69	6,06	0,25	0,55	0,77			0,05	0,05
			SCV-V195	18,0	2,7	0,8	68,3	0,11	0,11	0,65	2,39	5,68	0,04	0,45	0,39			0,01	0,05
			SCV-V404	13,7	4,1	1,3	65,5	<0,06	0,05	0,60	6,53	6,76	0,22	0,57	0,53			0,00	0,06
			SCV-V408	11,5	3,5	1,5	64,0	0,19		0,84	5,46	11,89	0,068	0,34	0,61			0,001	0,069

<i>Localização</i>	<i>Classificação</i>	<i>Data</i>	<i>nº de amostras</i>	<i>Na₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>SO₃</i>	<i>Cl</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>TiO₃</i>	<i>MnO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>PbO</i>	<i>SnO₂</i>	<i>CuO</i>	<i>SrO</i>
Praça Miguel Fernandes, Beja ^a	vidro base	XIV-XV	PMF0438	18,4	2,2	3,4	65,0	0,56	0,02	1,25	3,35	4,12	0,47	0,17	0,92			0,00	0,01
	vidro azul		PMF0438	18,2	2,2	3,4	64,0	0,55	0,03	1,14	3,33	4,19	0,44	0,16	0,89			1,32	0,01
	vidro base		PMF0517	16,4	3,3	2,9	67,2	0,58	0,03	0,96	2,33	4,37	0,13	0,50	1,07			0,00	0,01
	vidro azul		PMF0517	15,9	3,3	2,9	66,4	0,58	0,04	0,92	2,52	4,39	0,13	0,53	1,83			0,21	n.d.
		XVI-XVII	PMF0527	16,9	3,2	2,1	60,8	0,27	0,05	0,87	5,26	9,53	0,07	0,51	0,46			0,00	0,05
			PMF0530	15,9	3,0	3,9	66,4	0,33	0,05	0,93	2,01	6,00	0,13	0,49	0,78			0,00	0,03
			PMF0540	18,6	1,9	6,0	62,9	0,42	0,02	1,30	3,76	3,22	0,16	0,92	0,82			0,02	0,02
			PMF0546	18,2	3,0	4,6	59,5	0,31	0,05	0,97	4,40	7,53	0,15	0,48	0,61			0,00	0,04
			PMF0550	16,8	2,2	3,2	66,9	0,30	0,04	1,14	2,47	6,19	0,08	0,28	0,30			0,00	0,03
			PMF0556	15,1	3,2	2,6	62,5	0,18	0,06	0,83	5,99	8,79	0,06	0,30	0,27			0,00	0,04
			PMF0568	15,7	2,5	3,6	66,8	0,21	0,05	0,91	3,36	5,48	0,12	0,50	0,62			0,00	0,03
			PMF0569	15,6	2,4	3,6	67,3	0,18	0,06	0,93	3,06	5,48	0,11	0,63	0,58			0,00	0,03
			PMF0570	16,2	3,0	4,0	66,6	0,34	0,05	0,94	1,95	5,79	0,12	0,42	0,67			0,00	0,02
			PMF0996	15,7	2,4	3,6	67,0	0,23	0,06	0,94	3,06	5,56	0,11	0,66	0,61			0,00	0,03
			PMF1010	16,1	2,2	2,3	66,4	0,22	0,06	1,00	4,08	6,63	0,07	0,37	0,53			0,00	0,03
			PMF1023	16,9	2,6	3,5	62,8	0,31	0,05	1,22	4,25	7,52	0,12	0,13	0,62			0,00	0,04
			PMF1025	15,0	2,4	3,5	66,9	0,26	0,05	0,92	3,30	5,93	0,14	0,76	0,72			0,00	0,04
			SJT0011	18,7	2,4	1,8	67,9	0,22	0,07	0,99	2,96	4,05	0,08	0,27	0,52			0,00	0,02
			SJT0012	18,6	3,8	2,7	62,3	0,16	0,05	0,91	3,21	7,06	0,08	0,35	0,62			0,00	0,04
			SJT0014	14,0	3,2	2,6	61,2	0,21	0,08	0,67	6,91	9,66	0,09	0,47	0,62			0,00	0,05
			SJT0038	19,5	2,6	2,1	63,7	0,20	0,08	0,96	4,59	5,31	0,06	0,36	0,48			0,00	0,04
Mosteiro de São João de Tarouca, Lamego ^a		XVII	SJT0105	18,0	2,5	1,8	66,5	0,16	0,08	0,85	4,17	4,63	0,10	0,43	0,71			0,01	0,02
			SJT0112	14,7	3,5	2,3	62,1	0,14	0,06	0,69	8,22	7,31	0,07	0,36	0,50			0,00	0,04
			SJT0122	18,0	2,5	2,6	65,9	0,29	0,05	0,98	2,93	5,27	0,10	0,49	0,80			0,00	0,03
			SJT0123	19,7	2,1	2,9	62,9	0,23	0,07	1,01	3,54	6,12	0,10	0,41	0,70			0,02	0,03
	vidro base		SJT0135	12,7	3,0	2,3	61,3	0,28	0,05	0,64	9,74	8,04	0,11	0,49	0,82			0,00	0,03
Pátio da Universidade de Coimbra ^a		XVII	CPU0006	18,41	2,21	1,94	65,70	0,26	0,06	1,14	2,95	6,29	0,07	0,28	0,48			0,00	0,03

^a Verità & Zecchin, 2009b [17]

^b Verità & Zecchin, 2009a [27]

^c De Raedt et al., 2002 [39]

^d Ulitzka, 1994 [72]

^e Cagno et al., 2010 [55]

^f Lima et al., 2012 [16]

^g Coutinho et al., 2016 [23]

7.9 Anexo IX – Elementos traço e terras raras normalizados à crosta terrestre

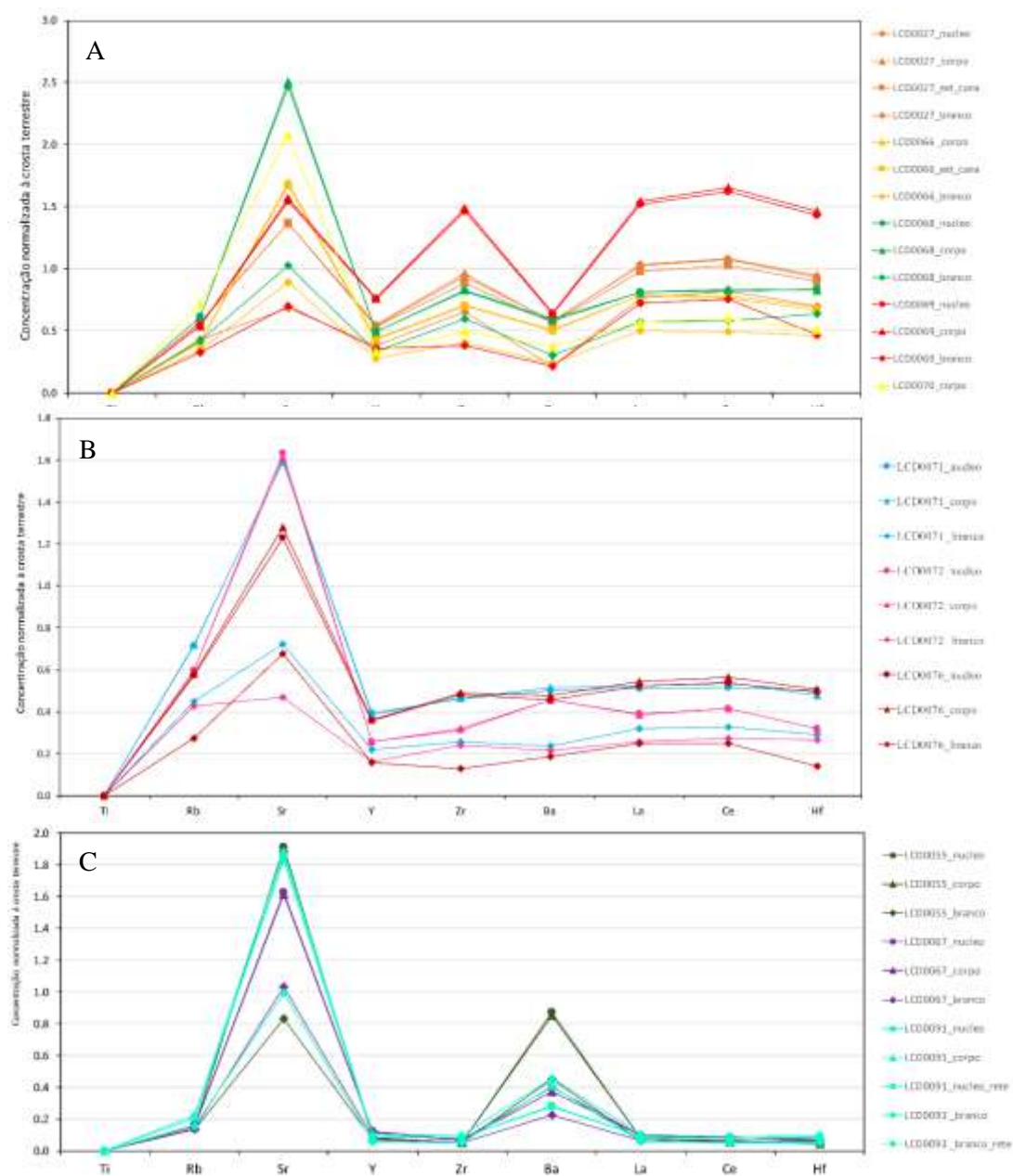


Figura 7.3: Concentrações de alguns elementos traço e terras raras normalizados à crosta terrestre: A) grupo de fragmentos com a mesma assinatura; B) Grupo de fragmentos com a camada de vidro incolor diferente da camada de vidro branco; C) fragmentos de possível proveniência genuína veneziana.